

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Institut dopravy

Návrh možné úpravy nákladního automobilu pro vybrané činnosti v zemědělství

Proposal of Possible Modification of a Truck for Selected Activities in Agriculture

Student: Bc. Přemysl Hruška

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Richtář

Ostrava 2010

kopie zadání

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Zároveň bych chtěl poděkovat vedení firmy ZOD Tísek, zejména: agronomce ing. Haně Neuschlové a ekonomovi ing. Rudolfu Kohutovi.

V Ostravě: .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu autora práce:

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

HRUŠKA, P. *Návrh možné úpravy nákladního automobilu pro vybrané činnosti v zemědělství : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2010, 72 s. Vedoucí práce: Richtář, M.

Diplomová práce se zabývá možnými úpravami nákladního automobilu pro vybrané činnosti v zemědělství. První část seznamuje s přepravovanými materiály s využitím nákladního automobilu v ZOD Tísek. Druhá část definuje možnosti využití nákladního automobilu v ZOD Tísek. V třetí části je stanovena koncepce automobilu, je vybrán motor a podle točivého momentu motoru je vybrána převodovka a hnací nápravy. Zpřevodování je voleno s ohledem na nízkou spotřebu paliva. U konceptu jsou ověřeny dynamické vlastnosti. Dále jsou stanoveny rozměry a požadavky na nástavby. Pro tyto nástavby jsou provedeny změny v uložení na rámu vozidla a tyto změny jsou ověřeny z hlediska zatížení náprav a také jsou určeny požadavky na hydraulickou soustavu vozidla. Na konci třetí části jsou vytyčeny nároky na pneumatiky, kabinu a ovládání vozidla. Ekonomické vyhodnocení konceptu je obsaženo ve čtvrté části spolu s ekonomickým vyhodnocením v prostředí ZOD Tísek. Poslední kapitola shrnuje poznatky předchozích částí a stanovuje doporučení.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

HRUŠKA, P. *Proposal of Possible Modification of a Truck for Selected Activities in Agriculture : Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institut of Transport, 2010, 72 p. Thesis head: Richtář, M.

Thesis deals with possible modification of truck for selected operations in agriculture. The first part is about commodities, which are transported. The second part defines possibilities for truck in ZOD Tísek. In the third part is determined conception of truck on the basis of previous parts. Then engine is chosen and according to torque engine, transmission and driven axles are determined. Gear ratio is chosen with respect of rule of low consumption of fuel. This concept is verified in dynamic calculations. Then dimensions and requirements of superstructure are determined. After that specifications of hydraulic system are calculated. On the basis of the superstructures, changes on the frame are determined in the respect of load of axles and the frame is checked. In the end of third part requirements on the tires, cab and control device are defined. Economic analysis of truck is in the fourth part and there is also economic analysis of truck in conditions of ZOD Tísek. Last chapter summarizes knowledge of former parts.

# Obsah

Seznam použitých značek a symbolů .....	7
0 Úvod .....	10
1 Možnosti využití nákladní automobilové dopravy v zemědělství. ....	11
1.1 Vnitropodniková doprava směřující na pole.....	11
1.1.1 Doprava osiv .....	12
1.1.2 Doprava sadby .....	13
1.1.3 Doprava a aplikace hnojiv .....	14
1.1.4 Doprava při sklizni píce.....	17
1.1.5 Doprava při sklizni zrnin. ....	18
1.1.6 Doprava při sklizni okopanin.....	20
1.2 Vnější, mimopodniková doprava. ....	22
2 Provozní a ekonomické využití nákladní automobilové soupravy v ZOD Tísek. ....	23
2.1 Hnojiva.....	24
2.2 Sklizeň zrnin.....	26
2.3 Sklizeň píce.....	26
2.4 Mimopodniková doprava. ....	27
2.5 Shrnutí. ....	27
3 Návrhy úprav nákladního automobilu využitelného pro činnost v zemědělství.....	29
3.1 Dynamické vlastnosti nákladního automobilu o celkové hmotnosti 25 t. ....	30
3.2 Dynamické vlastnosti jízdní soupravy o celkové hmotnosti 43 t.....	42
3.3 Dynamické vlastnosti jízdní soupravy o celkové hmotnosti 48 t.....	47
3.4 Návrh vozidla. ....	51
3.4.1 Kontrola přetížení náprav. ....	51
3.4.2 Minimální zatížení přední nápravy.....	52
3.4.3 Teoretický přesah, teoretický rozvor, maximální vzdálenost zadního uložení nástavby od teoretického středu zadních náprav.....	52
3.4.4 Sklápěcí nástavba. ....	54
3.4.5 Nástavba rozmetadlo RM 16. ....	60
3.4.6 Nástavba cisterna fekální (ACF).....	63
3.4.7 Návrh a výpočet žebřinového rámu. ....	63
3.4.8 Volba pneumatik. ....	71
3.4.9 Požadavky na kabinu a ovládání. ....	72
4 Ekonomické vyhodnocení nákladního automobilu.....	73
4.1 Ekonomické vyhodnocení automobilové jízdní soupravy v ZOD Tísek. ....	75
5 Závěry a doporučení. ....	81
6 Použitá literatura. ....	82
7 Seznam příloh.....	84

## Seznam použitých značek a symbolů

DAM 390.....	kapalné hnojivo
GPS.....	Global Positioning System, družicový systém pro určení polohy
j.s.....	jízdní souprava
PTO .....	Power Take-Off, vývodová hřídel
ZOD .....	Zemědělské Obchodní Družstvo
a	$[m/s^2]$ ..... zrychlení
b	$[m/s^2]$ ..... zpomalení
$c_x$	[-] ..... součinitel odporu vzduchu
$D_{max}$	$[mm]$ ..... maximální průměr hydraulického válce
$F_k$	$[N]$ ..... hnací síla
$F_{max}$	$[N]$ ..... síla potřebná pro vyklápění
$F_{Mmax}$	$[N]$ ..... síla, kterou vyvine hydraulický válec při vyklápění
f	[-] ..... součinitel odporu valení
G	$[N]$ ..... tíhová síla vozidla
$G_{pv}$	$[N]$ ..... tíhová síla přípojného vozidla
$G_{max}$	$[N]$ ..... maximální zatížení nápravy
$G_3$	$[N]$ ..... tíhová síla připadající na třetí nápravu
$G_2$	$[N]$ ..... tíhová síla připadající na druhou nápravu
$G_p$	$[N]$ ..... tíha nastavby v bodě předního uložení nastavby
$G_z$	$[N]$ ..... tíha nastavby v bodě zadního uložení nastavby
$G_{NS}$	$[N]$ ..... tíha nastavby
$G_{TS}$	$[N]$ ..... tíha nastavby v bodě teoretického středu zadních náprav
$G_{1X}$	$[N]$ ..... tíha nastavby na střed přední nápravy
$G_{PN}$	$[N]$ ..... tíhová síla na přední nápravu
$G_1$	$[N]$ ..... tíhová síla vlastního vozidla (bez nastavby) na přední nápravu
$G_{TSC}$	$[N]$ ..... tíhová síla připadající na teoretický střed zadních náprav
$G_{TSV}$	$[N]$ ..... tíhová síla vlastního vozidla (bez nastavby) na teoretický střed zadních náprav
$G_{2X}$	$[N]$ ..... tíhová síla připadající na první zadní nápravu zadních náprav
$G_{3X}$	$[N]$ ..... tíhová síla připadající na druhou zadní nápravu
$G_{HN}$	$[N]$ ..... tíhová síla vozidla připadající na hnací nápravu
$G_c$	$[N]$ ..... celková tíhová síla vozidla (soupravy)
g	$[m/s^2]$ ..... gravitační zrychlení
H	$[mm]$ ..... zdvih pístnice (přímočarého hydromotoru, hydraulického válce)
h	$[mm]$ ..... výška těžiště plné nastavby od rámu vozidla
$i_k$	[-] ..... převodový poměr k-tého stupně
$i_0$	[-] ..... převodový poměr stálého převodu hnací nápravy

$l_t$	[mm] .....	teoretický rozvor vozidla
$l_{23}$	[mm] .....	dílčí rozvor (vzdálenost mezi středy zadních náprav vozidla)
$M_{02}$	[Nm] .....	ohybový moment
$M_{HG}$	[Nm] .....	moment potřebný k pohonu hydrogenerátoru
$M_t$	[Nm] .....	točivý moment motoru
$m$	[kg] .....	hmotnost
$m_1$	[kg] .....	hmotnost vlastního vozidla (bez nástavby) na přední nápravu
$m_{PN}$	[kg] .....	hmotnost připadající na přední nápravu
$m_{TSC}$	[kg] .....	hmotnost vozidla připadající na teor. stř. zadních náprav
$m_M$	[kg] .....	hmotnost nákladu
$m_K$	[kg] .....	hmotnost nástavby
$n_{HG}$	[1/min] .....	otáčky hydrogenerátoru
$n_m$	[1/min] .....	otáčky motoru
$O_f$	[N] .....	odpor valení
$O_s$	[N] .....	odpor stoupání
$O_v$	[N] .....	odpor vzduchu
$O_a$	[N] .....	odpor setrvačnosti (zrychlení)
$O_t$	[N] .....	odpor tahu
$P_{HG}$	[W] .....	výkon potřebný k pohonu hydrogenerátoru
$p$	[-] .....	měrná hnací síla
$p_n$	[N] .....	tlak v hydraulickém systému
$Q_{HGmax}$	[dm <sup>3</sup> /min] .....	maximální průtok hydrogenerátoru
$r$	[m] .....	poloměr kola
$S$	[m <sup>2</sup> ] .....	čelní plocha vozidla
$s_p$	[%] .....	stoupavost
$š_v$	[m] .....	šířka vozidla
$t$	[s] .....	čas
$t_v$	[min] .....	doba vyklopení
$U_t$	[mm] .....	délka přesahu (vzdálenost od teoretického středu po konec vozidla)
$V_{HG}$	[dm <sup>3</sup> ] .....	geometrický objem hydrogenerátoru
$v$	[km/h] .....	rychlost
$v_v$	[m] .....	výška vozidla
$v_N$	[mm] .....	výška
$w_o$	[m <sup>3</sup> ] .....	průřezový modul
$\delta$	[-] .....	součinitel vlivu rotujících hmot
$\eta_c$	[-] .....	celková mechanická účinnost převodného ústrojí
$\eta_M$	[-] .....	účinnost hydraulického válce
$\eta_Q$	[-] .....	účinnost hydrogenerátoru (hydraulického čerpadla)



$\eta_{\text{CHS}}$	[-] .....	účinnost hydraulického systému
$\mu$	[-] .....	součinitel adheze (přilnavosti pneumatiky k povrchu)
$\sigma_o$	[MPa] .....	ohybové napětí
$\sigma_{DOV_o}$	[MPa] .....	dovolené napětí v ohybu

## 0 Úvod

Zemědělství patří mezi největší přepravce v národním hospodářství a jako celek má značnou dopravní kapacitu. Zemědělská výroba se vyznačuje složitým časovým a prostorovým uspořádáním pracovních a dopravních operací ve výrobním procesu.

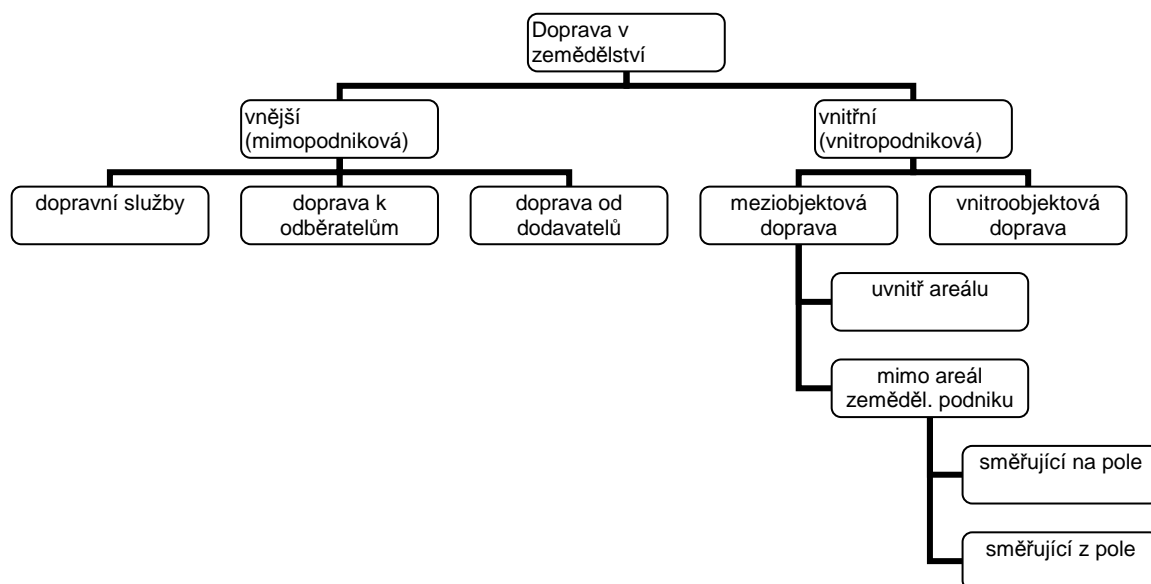
Pro dopravu v zemědělství je charakteristické velké množství různých druhů přepravovaných materiálů, biologická činnost značné části materiálů, nízká objemová hmotnost většiny materiálů, plošný charakter, různé přepravní podmínky (jízda po silnici, polní cestě, v terénu), výrazná sezónnost, většinou jednosměrné materiálové toky, velký počet ložných operací prováděných na různých místech a často i za jízdy, nutnost vykonat některé přepravní operace za každého počasí.<sup>[1, 2, 3]</sup> Dále je zemědělská doprava typická například průměrnou přepravní vzdáleností ve vnitropodnikové dopravě, směrem materiálových toků, průměrnou přepravní rychlostí, mechanicko-fyzikálními, chemickými a biologickými vlastnostmi přepravovaných materiálů a podílem jízd v terénu.<sup>[4]</sup>

Převažující druh dopravních prostředků v zemědělství jsou traktorové dopravní soupravy.<sup>[4]</sup> V sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století se v československém zemědělství rychle rozšiřovalo využití nákladních automobilů, a to i ve vnitropodnikové dopravě s předpokladem, že zemědělské nákladní automobily zajistí větší část dopravy v zemědělství.<sup>[5]</sup> Byly to především nosiče účelových nástaveb LIAZ MTSP 27 a TATRA T 815.

Cílem této práce je stanovit požadavky na nákladní automobil využitelný pro dopravu v zemědělství, navrhnout a ověřit změny oproti konvenčním nákladním automobilům používaných v jiných odvětvích národního hospodářství, a také navrhnout změny vzhledem k určeným nástavbám a provést provozně-ekonomické hodnocení na základě údajů poskytnutých firmou ZOD Tísek.

# 1 Možnosti využití nákladní automobilové dopravy v zemědělství

Pro určení možností využití nákladní automobilové dopravy v zemědělství je nutná znalost územního členění dopravy v zemědělství.



Obr. 1.1: Členění dopravy v zemědělství. [4]

Na obr. 1.1 je patrné členění dopravy v zemědělském podniku. Vnější, mimopodniková doprava zabezpečuje pohyb materiálu mezi podnikem a vnějšími partnery. V této oblasti je zajišťováno zásobování, odbyt výrobků a dopravu uskutečněnou v rámci vazeb mezi zemědělskými nebo jinými podniky. Tato doprava se nejvíce přibližuje dopravě v ostatních odvětvích národního hospodářství, je nejefektivnější a provozuje se, až na výjimky, automobilovými, popřípadě železničními dopravními prostředky.

## 1.1 Vnitropodniková doprava směřující na pole

Vnitřní, nebo-li vnitropodniková doprava musí zabezpečit materiálové toky v rámci podniku a je těžištěm veškeré dopravy v zemědělství. Z hlediska volby technického zabezpečení je vhodné, rozdělit vnitropodnikovou dopravu na vnitroobjektovou manipulaci a meziobjektovou dopravu.

Meziobjektová doprava spojuje jednotlivé objekty, ve kterých probíhají výrobní operace a pracovní procesy, mezi sebou nebo s místy uskladnění materiálu. V tomto případě nejsou objekty pouze stavbami, ale také pole a další místa, kde probíhá výrobní proces nebo tam, kde je uskladněn materiál. Doprava může být uskutečňována v areálu podniku nebo na

území, kde působí zemědělský podnik (to znamená mezi jednotlivými areály a nebo poli). Uvnitř areálu zemědělského podniku probíhá doprava mezi jednotlivými objekty nebo v jejich blízkosti. Je to například manipulace s materiálem mezi stavbami, kde jsou ustájena zvířata a sklady krmiv, exkrementů a produktů živočišné výroby nebo mezi sklady biomasy a kotelnou. V této dopravě se upřednostňují traktorové soupravy a různé speciální dopravní prostředky.

Vnitroobjektová doprava je uskutečňována v rámci jednoho objektu a realizuje se pomocí různých manipulačních zařízení. Meziobjektová a vnitroobjektová doprava na sebe navazují, proto by měl být na jejich synchronizaci brán zřetel a měla by se respektovat celková koncepce při zavádění nových organizačních opatření v oblasti manipulace s materiálem.

Mimo areál zemědělského podniku probíhá doprava spojená především s rostlinou výrobou a se zabezpečením živočišné výroby objemnými krmivy. Tady je výkonnost dopravy závislá na vzdálenosti pozemků od areálu zemědělského podniku a na jejich rozloze, proto je doprava realizována traktorovými dopravními soupravami nebo nákladními automobily. Dopravu mimo areál zemědělského podniku lze dále rozdělit na dopravu směřující na pole a z pole.

Dopravní systémy pro vnitřní dopravu směřující na pole lze rozdělit do oblastí:

- doprava osiv,
- doprava sadby,
- doprava a aplikace hnojiv.

Dopravní systémy pro vnitřní dopravu směřující z pole lze rozdělit do oblastí:

- doprava při sklizni píce,
- doprava při sklizni zrn,
- doprava při sklizni okopanin.

### **1.1.1 Doprava osiv**

Osiva jsou semena určena k setí. Produkci osiv si podnik může zajišťovat sám, ovšem většinou produkci osiv zajišťují množitelé podniku. Doprava osiv od výrobce proto patří do vnější (mimopodnikové) dopravy. Do vnitropodnikové dopravy patří manipulace s osivy při setí. Materiálový tok osiva ze skladu na pozemek do secích strojů je velmi variabilní. Jelikož je seto mnoho druhů rostlin jsou i fyzikálně-mechanické vlastnosti semen velmi rozdílné. Vlastnosti semen, které jsou důležité pro manipulaci jsou: objemová hmotnost a sypaný úhel. Převážná část manipulovaných osiv jsou obiloviny, jejichž objemová hmotnost je 400 až 850 kg/m<sup>3</sup><sup>[4]</sup> a sypaný úhel 24° až 45°<sup>[4]</sup>, i proto se osivo při manipulaci projevuje jako sypký

materiál. Osivo musí splňovat požadavky na velikost, tvar, hmotnost, objem, čistotu, klíčivost a další parametry semen dané ČSN, které nesmí být dopravními operacemi ovlivněny.

Osivo se uskládá několika způsoby, které přímo souvisí s volbou dopravního prostředku. První způsob je uskladnění v malých pytlích (tkaninové, papírové) o hmotnosti náplně do 25 kg. S malými pytli se manipuluje ručně a jsou uloženy na paletách. Takto uloženy jsou především osiva, která jsou seta v malém množství na velkou plochu, proto nevyžadují dopravu v nákladních automobilech nebo traktorových soupravách. Další způsob uskladnění je ve velkých pytlích o hmotnosti 40 až 60 kg, kdy je s nimi manipulováno ručně nebo pomocí manipulačního zařízení. Dopravují se na pole na nákladních automobilech nebo přívěsech a manipuluje se s nimi pomocí hydraulických ruk. Jako třetí způsob je osivo uloženo ve vacích o hmotnosti 500 až 1 000 kg a je s nimi manipulováno výhradně pomocí manipulačního zařízení typu hydraulických ruk v TBZ traktorů nebo na nákladních automobilech, popřípadě pomocí jeřábu nebo samojízdných manipulátorů. Poslední způsob uložení osiva je volně ložené v silech. Dopravu osiva zabezpečuje traktor s traktorovým přívěsem nebo návěsem obsahujícím překládací rameno poháněné obvykle hydraulicky. Toto rameno může obsahovat také korba nákladního automobilu. Používání velkoobjemových vaků (500 až 1 000 kg) je v současnosti nejrozšířenějším způsobem balení osiva. Jejich výhodou je snadná manipulovatelnost běžnými prostředky (nakládače, manipulátory, hydraulické ruce). Textilní materiál vaku umožňuje skladovat osivo v optimálních podmínkách, kdy se při překládce jednotlivá zrna nepoškozují. Při plnění secích strojů se z těchto vaků jednoduše dávkuje osivo do zásobníku.

Strojní linky pro manipulaci s osivy nejsou vzhledem k množství semen vysévaných na hektar příliš energeticky náročné. Při jejich sestavování je brán zřetel na exploatační parametry, rychlé naplnění zásobníku secích strojů a tím zkrácení jejich prostojů a snížení potřeby lidské práce. Obilniny zaujímají v České republice kolem 50 % orné půdy<sup>[4]</sup>. Z této plochy je oséváno 50 až 60 % plochy ozimou a jarní pšenicí<sup>[4]</sup>. Při průměrném výsevu pšenice 150 kg/ha a výkonnosti secího stroje 6 až 7 ha/h dosahuje intenzita materiálového toku 10 až 13 tun osiva v prodloužené 12 hodinové směně.

### 1.1.2 Doprava sadby

Fyzikálně-mechanické vlastnosti sadby (brambor) se liší podle odrůd, kterých je u nás zaregistrováno kolem 120. Z hlediska dopravy je podstatná hmotnost jednotlivých hlíz pohybujících se mezi 30 až 80 g. Objemová hmotnost sadby je pak 800 až 850 kg/m<sup>3</sup><sup>[4]</sup> a sypaný úhel je 29° až 45°<sup>[4]</sup>. Finálními obaly sadby mohou být uzavřené a plombované pytle a velkoobjemové vaky nebo otevřené kontejnery a palety. Z technologického hlediska se

sadba dělí na nepřipravenou, narušenou a předklíčenou. Toto hledisko je podstatné pro manipulaci při plnění zásobníků sazečů tak, aby nedošlo k jejich poškození.

Při sestavování strojních linek pro dopravu sadby a plnění zásobníků je potřeba klást důraz na zajištění plynulého provozu sazečů a šetrné zacházení se sadbou, která je náchylná na poškození. Při plnění sazečů sadbou balenou v pytlích o hmotnosti 25 až 50 kg se používá především u výsadby na malých plochách. Tato varianta plnění je náročná na lidskou práci. Při plnění sazečů sadbou balenou ve velkoobjemových vacích o hmotnosti 500 až 1 200 kg je velmi šetrné k sadbě (lze nastavit výšku dopadu sadby do zásobníku na téměř nulovou hodnotu) a manipuluje s nimi teleskopický nakládač nebo manipulační zařízení nesené na traktoru nebo na šasi nákladního automobilu. Volně ložená sadba je překládána do sazečů z koreb přívěsů, návěsů, nákladních automobilů, které mohou být vybaveny plnicím dopravníkem. Linky manipulující s volně loženou sadbou nevyžadují pro plnění sazečů speciální prostředky a proto jsou velmi flexibilní a nenáročné na lidskou práci. S biologicky připravenou sadbou je nutno manipulovat velmi šetrně. Převazuje se ve speciálních obalech a je třeba velké množství lidské práce.

### **1.1.3 Doprava a aplikace hnojiv**

Používání a skladování minerálních a statkových hnojiv upravuje směrnice rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů (tzv. nitrátová směrnice).

Technologické postupy hnojení zahrnují systémy hnojení, pracovní postupy a stroje k realizaci těchto systémů. Pokud chceme rozhodovat o tom, jaký stroj na aplikaci hnojiv použijeme, nemůžeme tak učinit bez znalostí obou předcházejících článků řetězce. Systém hnojení je komplex opatření pro zajištění výživy rostlin v plánovaném období. V každém podniku se zpracuje v rámci osevního postupu požadavek jednotlivých plodin na přísun živin na základě jejich potřeby pro požadovanou ekologicko-výrobní hladinu.

Výběru technologického postupu při hnojení musí předcházet analýza struktury výroby a sestavení plánu hnojení. Teprve znalost objemu hnojiva, doby, za kterou je musíme aplikovat, místa skladování, přepravní vzdálenosti ze skladu na pole, charakteristických půdních podmínek při rozmetání hnojiv, velikostí hektarové dávky i dispozice pracovní silou nám umožní definovat požadavky na strojní linky. Prvotní požadavky při hodnocení strojní linky a pro rozhodnutí, zda je vhodná, by měla především být záruka kvality a včasnosti hnojení, ekonomická rentabilita.

Hnojiva lze rozdělit na statková hnojiva a minerální hnojiva. Mezi statková hnojiva řadíme chlévskou mrvu, hnůj, kejda, močůvka a kompost. Chlévská mrva je směs tuhých a tekutých

výkalů a steliva. Její objemová hmotnost se pohybuje od 960 do 1070  $\text{kg/m}^3$ <sup>[4]</sup> a vlhkost od 65 do 80 %<sup>[4]</sup>. Má silný korozivní účinek na běžné konstrukční oceli. Využití užitečné hmotnosti dopravních prostředků při plnění chlévskou mrvou mechanizačními prostředky bez urovnání, je při dopravě na polní hnojiště v rozmezí 60 až 70 %<sup>[4]</sup>. Hnůj zraje 3 až 6 měsíců<sup>[4]</sup>. Obsah sušiny je asi 25 %, objemová hmotnost se pohybuje od 700 do 900  $\text{kg/m}^3$ <sup>[4]</sup>. Průměrné dávky kvalitního hnoje jsou pro obilniny 20  $\text{t/ha}$ , pro okopaniny a kukuřici 35 až 45  $\text{t/ha}$ <sup>[4]</sup>. Kejda je směs tuhých a kapalných výkalů chovaných zvířat s přidavkem technologicky použité vody s obsahem sušiny 6 až 12 %<sup>[4]</sup>. Objemová hmotnost kejdy je 985 až 1 035  $\text{kg/m}^3$ <sup>[4]</sup>. Tuhý podíl kejdy sedimentuje a kejda se musí v jímkách pravidelně míchat. Silně zapáchá, je biologicky činná a korozivní vůči konstrukční oceli. Kejda o sušině nad 12 %<sup>[4]</sup> je obtížně čerpatelná. Se vzrůstající hustotou se zhoršuje vsakování kejdy do půdy a ta zůstává na povrchu, což má za následek zvýšené emise  $\text{NH}_3$  a šíření zápachu. Močůvka je zkvašená moč ustájených zvířat ředěná vodou, má méně než 2 % sušiny<sup>[4]</sup>. Je to biologicky činný a korozivní materiál. Obdobné technologické vlastnosti má hnojůvka a oddělený kapalný podíl kejdy po separaci. Kompost je homogenní tragické hnojivo s dlouhodobým působením, které se vyrábí při řízeném biologickém rozkladu směsi tuhých i kapalných organických a minerálních látek. Vyzrálý kompost má až 60 % vody a sypkou konzistenci. Jeho objemová hmotnost se pohybuje v rozmezí 600 až 800  $\text{kg/m}^3$ <sup>[4]</sup>.

Organizace materiálového toku statkových hnojiv probíhá obvykle ve dvou stupních. První stupeň je odvoz hmoty ze stájového hnojiště na statkové nebo polní hnojiště pomocí traktorových souprav nebo nákladními automobily. To je tzv. dělený pracovní postup. V přímém pracovním postupu se hnůj z chlévského hnojiště nakládá přímo do rozmetadel hnoje s užitečnou hmotností 5 až 20  $\text{t}$ , které přímo aplikují hnůj na pozemek. Pro dosažení dostatečné výkonnosti rozmetadla se vyžaduje vysoká operativní výkonnost nakládky 100 až 300  $\text{t/h}$ <sup>[4]</sup>. Hnůj se aplikuje jen v období od 3. dekády srpna až do konce října a omezeně na lehkých půdách i na jaře. Za sezónu (za rok) se využití rozmetadel ve velkém zemědělském podniku pohybuje od 15 do 20  $\text{dnů}$ <sup>[4]</sup>. Navýšení ročního využití linky pro rozmetání hnoje umožňují její nasazení ve službách. Kejda a močůvka jsou umístěny v jímkách, které jsou v blízkosti stáje a musí umožnit skladování objemu hmoty vyprodukované za 6 až 7 měsíců<sup>[4]</sup>. Volba stroje a sestavení celé jímky jsou závislé na ročním objemu kejdy, který je k dispozici. Je obvyklé, že hnojený pozemek je vzdálen od jímek až 12  $\text{km}$  i více<sup>[4]</sup>. Zužováním osevních postupů na 3 či 4 plodiny se zkracuje disponibilní doba hnojení a to je přímým důsledkem tlaku na zvyšování výkonnosti kejdovačů. Při přepravní vzdálenosti nad 3  $\text{km}$  se kejdovače plní na poli nebo v jeho těsné blízkosti ze zásobovacích cisteren. Pokud strojní linky na aplikaci kejdy mají výkonnost 30 000  $\text{t/rok}$  a více, tak se často využívají převozní meziskladovací nádrže, které eliminují prostoje kejdovačů při čekání na zásobovací prostředky. Při hnojení statkovými hnojivy se hektarové dávky pohybují v rozmezí 10 až 60  $\text{t/ha}$ <sup>[4]</sup>. Strojní linky se skupinovým nasazením rozmetadel hnoje jsou navrhovány na plné

využití nakládače s vysokou výkonností. Pro zemědělské podniky s výměrou orné půdy 1 000 až 1 500 *ha* je roční využití takové linky asi 15 *dnů* při rozmetání z plných hnojišť či složišť a 20 *dnů* při rozmetání hnoje ze statkových hnojišť<sup>[4]</sup>. U kejdy se průměrné aplikační dávky pohybují mezi 15 až 25 *t/ha*<sup>[4]</sup>. Využití prostředků pro aplikaci kejdy se zvyšuje nasazením v přívozu vody nebo hnojiv pro postřikovače. Aby mohla být využita tato výhoda, musí být strojem na aplikaci kejdy vakuokompresorová fekální cisterna s odpojitelným aplikátorem kejdy či močůvky. Zvýšení výkonnosti aplikačního stroje na poli lze zvýšit jeho zásobováním. Kejda se aplikuje povrchově nebo podpovrchově. Tyto dva různé způsoby si žádají různou konstrukci aplikátorů.

Minerální hnojiva jsou z hlediska technologie dopravy vázána specifickými nároky, vyplývajícími z agrotechnických požadavků. Tyto požadavky zahrnují způsob aplikace hnojiva dané časovým obdobím, povrchem pozemku nebo vývojovým stádiem plodin. Z těchto titulů rozlišujeme hnojení na základní, předseťové a přihnojování. Technika hnojení necharakterizuje jen podmínky, ve kterých stroj pracuje, ale i rozpětí aplikovaných dávek. Základní hnojení probíhá fosforečnými a draselnými hnojivy a provádí se po sklizni a před podzimním zpracováním půdy. Rozmetadla jezdí po strništi nebo po podmítce a na jejich podvozek nejsou kladeny specifické požadavky. Dávkování se pohybuje mezi 200 až 600 *kg/ha*<sup>[4]</sup>. Pouze při vápnění jako základní hnojení se dávka pohybuje od 1 000 do 3 000 *kg/ha*<sup>[4]</sup>. Předseťové hnojení se týká aplikace dusíku na strniště s rozdrčenou slámou po sklizni obilnin a řepky. Na jaře se jím zabezpečuje výživa jařin a okopanin. Hlavní požadavek na vozidlo je nízký měrný tlak na půdu a na hnojení všemi živinami při jednom přejezdu. Dávka se pohybuje od 200 do 400 *kg/ha*<sup>[4]</sup>. Přihnojování je spojeno téměř výhradně s aplikací dusíkatých hnojiv během vegetace. Přihnojuje se kapalným hnojivem DAM 390, o objemové hmotnosti 1 400 *kg/m<sup>3</sup>*<sup>[4]</sup>, pomocí postřikovačů.

Pro splnění agrotechnických požadavků na práci vozidla je nutné v období nízké únosnosti půdy využívat dvojité nebo široké pneumatik popřípadě podhušťování pneumatik za jízdy a požadavek na malý měrný tlak na půdu omezuje velikost zásobníku rozmetadla a tím pádem zhoršenou ekonomiku při dopravě na větší vzdálenosti. Z měření vyplynulo, že hnojení je na jaře nutné provést v průběhu 10 až 12 disponibilních (tj. k práci vhodných) *dnů*<sup>[4]</sup>. Tato doba hnojení určuje minimální směnové výkonnosti strojní linky. Pro aplikaci minerálních hnojiv se v dnešní době využívají výhody výnosových map, založených na základě monitoringu okamžitých výnosů plodiny na jednotlivých částech polí, kde polohu sklízecího stroje snímá zařízení pracující se signálem GPS. Tato výnosová mapa je použita k proměnlivým dávkám hnojení při jejich aplikaci. Minerální hnojiva se dopravují ze skladů do zemědělských podniků pomocí silničních prostředků. Zemědělské podniky si dělají zásobu, která pokryje sezónní požadavky. Tuhá minerální hnojiva se distribují a skladují ve volně loženém stavu nebo ve velkoobjemových vacích o hmotnosti zhruba 1 000 *kg*. K rozmetání



minerálních hnojiv se používají nesená nebo návěsná rozmetadla a postřikovače nebo samojízdné rozmetadla a postřikovače minerálních hnojiv. K dopravě se používají fekální cisterny nebo sklápěcí či valníkové nástavby, které mohou být vybaveny hydraulicky poháněným vynášecím šnekem či rukou.

#### 1.1.4 Doprava při sklizni píce.

Píce na orné půdě představují po obilninách nejrozsáhlejší skupinu pěstovaných plodin. Sklizeň píce je omezená determinujícími podmínkami, jako jsou:

- velikost zemědělského podniku, zejména druh a počet zvířat,
- disponibilní náklady,
- výměra a skladba píce na orné půdě a trvalých travních porostech,
- přírodní podmínky, velikost, tvar a složitost pozemků,
- přepravní vzdálenosti, atd.

Výčet operací spojených s procesem sklizně, dopravy, konzervace a skladování píce je značný. Zahrnuje sečení, úpravu posečeného porostu před nakládkou (obrácení, shrnování, řezání, lisování, balení), nakládku, přepravu, výkladku a uskladnění. Hlavním hlediskem, které určuje způsob řešení sklizně píce, je jejich užití. Podíl píce použitých k přímému krmení se na celkové množství sklizených píce snižuje a podíl píce určených ke konzervaci silážováním, stážováním a sušením se zvyšuje. Na způsobu dalšího užití píce je závislá volba sklízecího prostředku, který se stává hlavním článkem dopravy. Činnosti sklízecího prostředku změny fyzikálně-mechanické vlastnosti sklizených píce a to má hlavní vliv na výběr dopravní techniky. Píce určená k silážování je především kukuřice, která je sklizena řezačkou. Zavadlé píce určené k senážování se sklízí řezačkou, nebo senážním sběracím návěsem, nebo sběracím lisem. Suché píce a sláma se sklízí pomocí sběracích návěsů, nebo sběracích lisů. Nákladní automobil lze využít při sklizni řezačkou nebo sběracím lisem.

Důležitým kritériem, které ovlivňuje pracovní postup, je vedle technologických požadavků vyplývajících ze způsobu užití píce, také přepravní vzdálenost. Obecně platí, že čím je vyšší objemová hmotnost sklizené píce v ložném prostoru dopravního prostředku, tím větší je přepravní vzdálenost, dosažitelná při stejných jednotkových přímých nákladech.

Materiály dopravované od sklizňových strojů mají malou objemovou hmotnost a tento faktor se odráží na konstrukci nástavby pro dopravní prostředky. Měrný ložný objem nástavby je zpravidla od 2,5 do 6  $m^3/t$  užitečné hmotnosti pro zavadlé píce a od 1,6 do 2,5  $m^3/t$  užitečné hmotnosti pro čerstvé píce<sup>[4]</sup>. Při přepravě čerstvých píce stačí obvykle

konvenční nástavbu vybavit nástavbami bočnic, pro zavadlé píce je vhodné vyměnit konvenční nástavbu (korbu) za velkoobjemovou. Proto je vhodné mít systém výměnných nástaveb, které lze jednoduše měnit na víceúčelovém podvozku traktorového návěsu nebo na šasi nákladního vozidla. Velkoobjemové návěsy se uplatňují především při dopravě píce od samojízdných řezaček s vysokou výkonností a při větších přepravních vzdálenostech. Ložný objem velkoobjemových nástaveb může být až 65 m<sup>3</sup>. Takovéto nástavby zajišťují maximální možné využití užitečné hmotnosti dopravních prostředků. Nástavby musí být řešeny tak, aby nedocházelo ke ztrátám píce při nakládce a přepravě. Je vhodné samočinné otevírání bočnic nebo zadního čela a jejich ovládání z místa řidiče. To zabezpečuje vysokou výkonnost při vykládání. Nástavby se vyprazdňují pomocí sklápěcího zařízení, podlahového dopravníku nebo vyhrnovacího čela.

Snaha o zvýšení objemové hmotnosti zavadlých píce, sena a slámy vede k jejich lisování. Slisována hmota lépe využije užitečnou hmotnost dopravních prostředků a u zavadlých píce zajistí kvalitní průběh konzervačního procesu. Náklady na sklizeň materiálu pomocí sběracích lisů jsou vyšší než u řezaček nebo sběracích návěsů ovšem náklady na dopravu jsou nižší právě díky vyšší objemové hmotnosti lisovaných hmot. Lisy vytváří válcové balíky vhodnější pro lisování sena a slámy a hranolové balíky. Volba dopravního prostředku při dopravě lisovaných píce je závislá na tvaru a rozměrech balíků a jejich hmotnostech. Využívá se sklápěcích dopravních prostředků, valníkových návěsů či nástaveb nebo nákladních valníkových automobilů vybavených hydraulickou rukou. Pokud není dopravní prostředek vybaven nakládacím mechanismem jsou balíky nakládány pomocí čelních traktorových nakládačů nebo samojízdných teleskopických nakládačů. Z ekonomického hlediska jsou při sklizni zavadlých píce vhodnější sběrací návěsy do přepravní vzdálenosti 2,5 km. Od 2,5 km do 5,7 km je vhodný sběr a doprava hmoty založená na sběrací řezačce a nad 5,7 km jsou vhodné dopravní systémy založené na lisovaných pících<sup>[4]</sup>.

### **1.1.5 Doprava při sklizni zrnin.**

Doprava při sklizni zrnin probíhá optimálně 14 až 18 dní a to proto, abychom zajistili vysokou kvalitu zrna<sup>[4]</sup>. Proto je nutný vysoký výkon celé sklizňové i posklizňové linky. Zrniny jsou materiál s objemovou hmotností v rozsahu 400 až 800 kg/m<sup>3</sup><sup>[4]</sup> a spadá mezi středně objemné až středně těžké materiály. Větší objemová hmotnost zrnin dokáže lépe využít užitečnou hmotnost dopravního prostředku oproti pícím. Zrniny se dopravují volně ložené pomocí dopravních prostředků se sklápěcími nástavbami, které musejí být těsné a je žádoucí vybavení plachtou. Moderní sklízecí mlátičky dosahují výkonnosti až 5 ha/h, což při

nasazení jedné sklízecí mlátičky v porostu o výnosu 4 t/ha představuje materiálový tok 20 t/h. Velké množství zrna klade vysoké nároky na organizaci dopravy. Doprava musí splnit:

- výkonnost dopravní linky musí být vyšší než výkonnost sklízecích mlátiček,
- minimalizace prostojů sklízecích mlátiček, ale i ostatních strojů,
- zajištění kvality zrna a zamezení jeho poškození během přepravy a ložných operací,
- nízké jednotkové přímé doklady na dopravu,
- nízká energetická náročnost dopravy,
- minimalizace negativního vlivu na půdu a životní prostředí.

Možnosti organizace materiálového toku při sklizni zrnin se odvíjí především na podmínkách sklizně a na výkonnosti sklizňových a posklizňových strojů, dále pak na přepravní vzdálenosti. Při přepravě plodin se využívají traktorové a automobilové jízdní soupravy sklápěním ložné plochy nebo vyprazdňováním pomocí výtlačného čela nebo šnekového dopravníku nebo jsou to nosiče kontejnerů. Sklizený materiál se přepravuje volně ložený a organizaci odvozu lze realizovat přímým nebo děleným (diferencovaným) způsobem. Při přímém způsobu dopravy je sklizené zrna přeloženo ze zásobníku zrna sklízecí mlátičky do ložného prostoru dopravního prostředku, který odváží zrna do skladu nebo na posklizňovou linku. Při děleném způsobu dopravy překládá sklízecí mlátička zrna do překládacího vozu, který se pohybuje pouze na sklizeném pozemku a ten překládá zrna na okraji pole do dalšího dopravního prostředku, který provede odvoz do skladu nebo posklizňové linky. Sklízecí mlátička překládá zrna do dopravních prostředků prostřednictvím vynášecího šnekového dopravníku a překládka může probíhat buď při paralelní jízdě dopravního prostředku vedle sklízecí mlátičky nebo za klidu na poli nebo souvrati, což ovšem snižuje výkon sklízecí mlátičky o 10 až 25 %. Výhodou překládacích návěsů je nepřetržitá přítomnost na sklizeném pozemku spolu se sklízecími mlátičkami, což vede k eliminaci nenadálých výkyvů v okamžité výkonnosti odvozních dopravních prostředků a také nízký měrný tlak soupravy na půdu.

V modelové situaci<sup>[6]</sup>, kdy jsou porovnávány různé dopravní systémy při sklizni zrnin, a kde je u všech souprav zvolen tažný prostředek odpovídající užitečné hmotnosti přípojného vozidla a předpokládá se jízda na rovinném terénu, lze konstatovat, že výhodnější je použití dopravních prostředků o vyšší užitečné hmotnosti, která se projevuje především při větších přepravních vzdálenostech. Při přepravních vzdálenostech do 9,5 km se za daných podmínek z hlediska spotřeby nafty ukazuje jako nejvhodnější traktorová souprava s návěsem o užitečné hmotnosti 14 t nakládaná na poli při paralelní jízdě se sklízecí mlátičkou. Při vyšších přepravních vzdálenostech vykazuje nejnižší spotřebu paliva automobilová souprava o celkové užitečné hmotnosti 20 t (tj. nákladní automobil o užitečné hmotnosti 10 t s přívěsem o užitečné hmotnosti 10 t), která je nakládaná na okraji pole

traktorovou soupravou s překládacím návěsem o užitečné hmotnosti 14 t. Vyšší energetická náročnost automobilové soupravy při kratších vzdálenostech je způsobena jednak zvýšením spotřeby paliva při překládání materiálu na okraji pole a jednak horšími jízdními vlastnostmi automobilové soupravy na nezpevněných komunikacích. Nákladní automobil o užitečné hmotnosti 8 t, který je nakládán překládacím návěsem na okraji pole, vykazuje nejvyšší spotřebu paliva. Jeho použití je z energetického hlediska zcela nevýhodné. Z porovnání jednotkových přímých nákladů vyplývá, že čím větší je celková užitná hmotnost dopravních souprav, tím nižší jsou náklady na dopravu zrnin. Tyto rozdíly se zvyšují s rostoucí dopravní vzdáleností. Automobilová souprava o celkové užitečné hmotnosti 20 t nakládaná na okraji pole traktorovou soupravou s překládacím návěsem má nejnižší přímé náklady již od 1 km přepravní vzdálenosti a také nejvyšší dopravní výkonnost a to při jakékoliv přepravní vzdálenosti.

### 1.1.6 Doprava při sklizni okopanin.

Průměrné výnosy brambor jsou v České republice 24,8 t (měřeno v roce 2007)<sup>[4]</sup>. Brambory sklizené od 30.6. se nazývají rané. S bramborami by se mělo manipulovat až po dokonalém vyžrání jejich slupky, kdy jsou odolnější proti mechanickému poškození. Objemová hmotnost volně ložených brambor je 720 až 820 kg/m<sup>3</sup>, brambor v pytlích 650 kg/m<sup>3</sup> a ve velkoobjemových vacích 680 až 770 kg/m<sup>3</sup><sup>[4]</sup>. Jejich sypaný úhel je 28° a součinitel tření brambor po oceli a dřevě je 0,36 až 0,5<sup>[4]</sup>. Nejvyšší povolená výška pádu brambor je při dopadu na ocelový plech 0,50 – 0,80 m<sup>[4]</sup>.

Z hlediska dopravy je rozhodující, jakým způsobem se provádí vykládka ze sklizňového stroje do dopravního prostředku. Pro dopravu brambor z pole do skladů se využívají traktorové sklápěcí návěsy nebo přívěsy či nákladní automobily. Pro dopravu vnější pak nákladní automobily s přívěsy nebo automobilové návěsové soupravy. Pro dopravu brambor jsou určeny také speciálně návěsy a přívěsy o užitečné hmotnosti 5 až 18 t<sup>[4]</sup> se široko skloněnými bočnicemi ke středu dna, kde je umístěn vyprazdňovací dopravník, který umožňuje velice šetrné vyložení brambor z ložného prostoru. Při velkých vzdálenostech mezi sklizeným polem a cílovým stanovištěm (areál zemědělského podniku, lihovary, škrobárny apod.) lze nakládat jízdní soupravy na souvrati pomocí překládacích dopravníků. Plnění dopravních prostředků od sklízečů s vynášecím dopravníkem probíhá při práci sklízeče. Dopravní prostředek jede paralelně se sklízečem, který transportuje brambory do nástavby dopravního prostředku pomocí pásového dopravníku, který obsahuje zařízení pro ztlumení pádu brambor. Překládací výška dopravníků se pohybuje v rozmezí od 3,5 až do 4,2 m<sup>[4]</sup>. Sklízeče brambor vybavené zásobníkem o kapacitě v rozmezí 2 až 6 t<sup>[4]</sup> vykládají tento zásobník po jeho naplnění do dopravních prostředků pomocí pohyblivého dna zásobníku

nebo jeho překlopením. Překládací výška se pohybuje mezi 3,5 až 4,2 m a je vhodné doplnit nástavby dopravních prostředků tlumícím zařízením (tlumící plachta nad dnem), aby se zamezilo poškození brambor<sup>[4]</sup>. Od sklízečů, které ukládají brambory do palet provádí přeložení palet na dopravní prostředek samotný sklízeč, který je vybaven potřebným mechanismem. Doprava brambor od samojízdných sklízečů se zásobníky o kapacitě 16 t se provádí většinou traktorovými jízdními soupravami (většinou o užitečné hmotnosti 15 t) na místo překládky nebo do zemědělského podniku<sup>[4]</sup>.

Cukrová řepa (cukrovka) patří k nejproduktivnějším plodinám. Výnos z jednoho hektaru se v ČR pohybuje mezi 50 až 55 t/ha. Cukrovka má objemovou hmotnost 740 – 780 kg/m<sup>3</sup>, se znečištěním do 10 % 500 - 650 kg/m<sup>3</sup><sup>[4]</sup>. Sypný úhel se pohybuje od 35 do 45°<sup>[4]</sup>. Sklizeň cukrovky patří z hlediska investičních i přímých nákladů k těm nejnáročnějším sklizňovým operacím. Sklizeň se uskutečňuje v jedné nebo dvou fázích. Jako nejvýhodnější se jeví kombinovaný sklízeč pro jednofázovou sklizeň, který je ve všech kritériích nejlepší. Měrný tlak sklízeče na půdu se pohybuje okolo hodnoty 230 kPa<sup>[4]</sup>.

Doprava cukrovky na meziskládku je prováděna obvykle soupravou traktoru a sklápěcího návěsu či přívěsu, které je nutno vybavit nástavkami bočnic, díky nízké objemové hmotnosti cukrovky. Překládací výška sklízečů/ha se pohybuje v rozmezí 1,9 až 4,2 m<sup>[4]</sup> a obvykle umožňují plynulou změnu překládací výšky s ohledem na minimalizaci poškození cukrovky. V závislosti na ložném prostoru a užitečné hmotnosti dopravního prostředku se doba překládky ze sklízeče pohybuje mezi 6 až 30 minutami<sup>[4]</sup>. Je obecně platné, že čím výkonnější je sklízeč, tím by měly být větší užitečné hmotnosti dopravních prostředků. Při polních pracích jsou obtížné jízdní podmínky charakterizovány odporem valení v rozmezí 0,15 až 0,2<sup>[4]</sup>.

Malý počet cukrovarů vede k významnému nárůstu přepravních vzdáleností mezi cukrovary a meziskládkami. Snížení nákladů na dopravu z meziskládky do cukrovaru lze dosáhnout:

- snížením prostojů dopravní techniky na místě nakládky využitím výkonných nakladačů,
- využitím dopravních souprav o vysoké užitečné hmotnosti,
- koncentrací ploch cukrovky v blízkosti cukrovaru
- zvyšováním cukernatosti cukrovky,
- snížením příměsí v přepravované cukrovce.

Dopravu cukrovky z meziskládky do cukrovaru zajišťuje cukrovar. Uzavírá se zemědělskými podniky smlouvu o dodávce cukrovky s určením místa meziskládky, termínu a množství uložené cukrovky a smlouvu s dopravcem na zabezpečení dopravy z meziskládky do cukrovaru. Pro dopravu cukrovky z meziskladu do cukrovaru, popř. dopravu řízků

z cukrovaru do zemědělského podniku se používají obvykle automobilové jízdní soupravy s užitečnou hmotností nad 20 t.

## **1.2 Vnější, mimopodniková doprava.**

Tato doprava zabezpečuje materiálové toky směřující mimo zemědělský podnik. Zajišťuje zásobování a odbyt zemědělského podniku. Svým charakterem a podmínkami se tato doprava nejvíce přibližuje nákladní silniční dopravě v ostatních odvětvích národního hospodářství. Mimopodnikovou dopravu si zemědělský podnik nezabezpečuje sám, ale využívá se zde kooperace s jinými dopravci. Jedná se především o dopravu v sezónních špičkách, kdy zemědělský podnik není schopen dopravu zabezpečit svými prostředky nebo by tato doprava nebyla ekonomická.

Jde o dopravu, kde přepravní vzdálenosti převyšují 25 km a dosahující i několika stovek kilometrů. Podobně jako vnitropodniková doprava má i mimopodniková doprava sezónní charakter, který nepříznivě ovlivňuje její řešení. Množství materiálů přepravených v jednotlivých měsících roku, v mimopodnikové dopravě, kolísají mezi 5 až 30 %<sup>[4]</sup>. Značnou část dopravy v materiálových tocích vedoucích mimo zemědělský podnik zabezpečují dodavatelé na základě smluvních vztahů se zemědělským podnikem.

Vnější doprava je vesměs zajišťována silničními nákladními automobily a automobilovými jízdními soupravami a menší měrou traktorovými návěsovémi či přívěsovémi soupravami. Výhody nákladní automobilové dopravy oproti traktorové jsou v mimopodnikové dopravě především vysoká přepravní rychlost na silnicích, nízká měrná spotřeba (okolo 190 g/kWh), pneumatiky s vysokým tlakem vzduchu (nad 500 kPa) snižující odpor valení, které jsou vhodné pro provoz na silnicích a vhodné odpružení, umožňující komfortní jízdu i při vysokých rychlostech.

Nákladní automobily používané v mimopodnikové dopravě není účelné vybavovat poháněnou přední nápravou, která snižuje užitečnou hmotnost vozidla, zvyšuje jeho cenu a spotřebu nafty. Při jízdě v terénu se ovšem stává nepostradatelnou především pro dvounápravové nákladní automobily. Vysoký tlak silničních pneumatik je nepřipustný při jízdě nákladního automobilu v terénu (na orné půdě, pastvinách, loukách), jelikož způsobuje devastaci půdy. Nákladní automobily je nutné vybavit vhodnými nastavbami. Jsou to především sklápěcí nastavby, nastavby pro přepravu krmných směsí, vysokozdvížené a cisternové. Je nutné vhodně sladit objem nástaveb s užitečnou hmotností nákladního automobilu nebo přípojného vozidla s objemovou hmotností přepravovaných materiálů.

## 2 Provozní a ekonomické využití nákladní automobilové soupravy v ZOD Tísek.

Zemědělské obchodní družstvo Tísek (ZOD Tísek) je podnik hospodařící na 1362 *ha* půdy. Průměrná přepravní vzdálenost ve vnitropodnikové dopravě jsou 3 *km* po pozemních komunikacích a 0,6 *km* po poli. Většina sklizených komodit se dopravuje do střediska Tísek, kde je umístěná posklizňová linka a další sklady. Část sklizené úrody se odváží do skladu CCM, který je umístěn v obci Slatina a vzdálen od střediska v Tísku 5,5 *km*. Průměrná přepravní vzdálenost v mimopodnikové dopravě je 23 *km*. ZOD Tísek se zabývá pouze rostlinnou výrobou.

Pro vnitropodnikovou dopravu v zemědělství je typické hodinové využití strojů během roku, oproti kilometrického proběhu a dále sledování spotřeby pohonných hmot, práce a jednotkových nákladů. Proto jsou v této kapitole propočítávány možnosti využití nákladního automobilu na základě hodinového využití za rok a jsou porovnávány různé možnosti dopravy materiálu z hlediska přepraveného množství, počtu jízd, atd. Nákladní automobil využitelný pro vnitropodnikovou dopravu v zemědělském podniku musí být řešen jako nosič nástaveb se schopností jízdy v terénu, aby bylo jeho využití v průběhu roku co nejvyšší.

Pro zjištění ročního využití nákladního automobilu (přívěsové jízdní soupravy) v ZOD Tísek je nutné určit materiálové toky. Za sledované období (2008, 2009) jsou zjištěny objemy přeprav při sklizni (zrniny, píce), postřiku a hnojení, protože tyto činnosti vyžadují největší dopravní výkonnost v podniku a s tím spojený kilometrický proběh. Jelikož na sebe činnosti plynule navazují a mnohdy spolu časově kolidují, je nutné zvážit, které z činností prováděné nákladním automobilem budou preferovány. Rozhodnutí by se měly opírat o co nejvyšší využití nákladního automobilu a jeho nástaveb. Obr. 2.1 prezentuje začátky a konce různých pracovních činností, které byly určeny po konzultacích v ZOD Tísek.



Obr. 2.1: Pracovní činnosti v ZOD Tísek během roku.

Nákladní automobil je možné využít také při dovozu osiva na pole, při této dopravě však není vysoká přepravní výkonnost a s ní spojený nízký kilometrický proběh. U tohoto typu dopravy je především hodinové využití dopravního prostředku. I zde je vhodné využívat větší užitečné hmotnosti dopravních prostředků, aby se co nejvíce omezily obraty a tím se snížila spotřeba paliva a také prostoje secího stroje. Potřeba dovozu osiva pomocí traktorové soupravy nebo nákladního automobilu je nutná pouze u některých druhů plodin (v ZOD Tísek to je pšenice ozimá, ječmen ozimý, ječmen jarní a oves). Jelikož setí koliduje s pracovními činnostmi, u kterých je vyšší materiálový tok, není doprava osiv ve výpočtech zahrnuta.

Následující tabulky reprezentují různé materiálové toky v ZOD Tísek. Na základě užitečných hmotností dopravních prostředků, průměrné přepravní vzdálenosti a parametrů sklízecích mlátiček a dalších strojů ovlivňujících výkony dopravních prostředků byly stanoveny různé parametry, ve kterých bylo možné porovnat jednotlivé kombinace dopravních prostředků a zjistit, který z nich bude vhodný.

## 2.1 Hnojiva.

Tabulka 2.1 určuje provozní údaje postřikovače AKP Mazzoti Ibis 2500 vlastněného ZOD Tísek. Tato tabulka je nutná pro stanovení hodinového využití a kilometrického proběhu dopravních prostředků, přivázejících vodu nebo DAM 390 k postřikovači na pole. Z této tabulky lze určit hodinové využití dopravního prostředku za rok při postřicích, jelikož je shodné s postřikovačem a činí 226 h/rok.

Tab. 2.1: Provozní údaje postřikovače.

Postřikovač	Voda	DAM 390	Jednotka
Počet hodin v postřiku	178	48	[h]
Počet dní v postřiku	20	6	[den]
Chemická ochrana	3200	1008	[ha]
Ø spotřeba DAM 390	300	180	[l/ha]
Celkem DAM 390	960000	189286	[l]
Ø rychlost postřikovače	12	12	[km/h]
Objem nádrže	2500	2500	[l]
Plocha do vyprázdnění nádrže	8,33	8,33	[ha]
Doba plnění nádrže	0,17	0,17	[h]
Doba vyprázdnění nádrže	0,29	0,29	[h]
Prac.záběr postřikovače	24	24	[m]
Ø výkon postřikovače	28,8	28,8	[ha/h]
Vzdálenost ujetá v 1 ha	417	417	[m]
spotřeba	8640	5184	[l/h]
plnění postřikovače za hodinu	3,46	2,07	[-]

Další průmyslová hnojiva se aplikují v ZOD Tísek pomocí neseného rozmetadla upevněného na TBZ traktoru. Jelikož není materiálový tok v tomto případě velký a navíc se hnojení minerálními hnojivy překrývá s postřiky, není využíváno dopravního prostředku k přepravě minerálních hnojiv ze skladu na pole a traktor tyto jízdy vykonává sám.



Tab. 2.2 uvádí množství statkových hnojiv a to jak kapalných tak tuhých, které vyprodukuje svoji činností ZOD Tísek.

Tab. 2.2: Statková hnojiva.

Druh hnojiva	hmotnost [t]
Močůvka	821
Hnůj	1756

Pomocí tab. 2.1 a tab. 2.2 je stanoven kilometrický proběh vybraných druhů doprav v tab. 2.3. Je porovnáván nákladní automobil dvou nebo třínápravový s nástavbou rozmetadlo statkových hnojiv nebo s nástavbou cisterna a traktorová souprava tvořena traktorem s rozmetadlem statkových hnojiv nebo cisternou. ZOD Tísek využívá k dopravě rozmetadlo statkových hnojiv o objemu nástavby  $8,6 \text{ m}^3$  a cisternu o objemu  $10 \text{ m}^3$ .

Tab. 2.3: Porovnání Dopravních prostředků - hnojiva.

Chemická ochrana				
Dopravní prostředek	Kapacita [l]	Obraty [-]	Přepravní vzdálenost [km]	Ujetá vzdálenost [km]
Traktor + návěs HTS 100.27	10000	96	3	576
Liaz MTSP27 + nástavba ACF 041	8000	120	3	720
Tatra 815 + nástavba NAF-11	11000	88	3	524
MAN 6x6 + nástavba NAF-12	12000	80	3	480
DAM 390				
Dopravní prostředek	Kapacita [l]	Obraty [-]	Přepravní vzdálenost [km]	Ujetá vzdálenost [km]
Traktor + návěs HTS 100.27	7000	28	3	162
Liaz MTSP27 + nástavba ACF 041	5600	34	3	203
Tatra 815 + nástavba NAF-11	7700	25	3	147
MAN 6x6 + nástavba NAF-12	8400	23	3	135
Močůvka				
Dopravní prostředek	Kapacita [l]	Obraty [-]	Přepravní vzdálenost [km]	Ujetá vzdálenost [km]
Traktor + návěs HTS 100.27	10000	86	3,6	616
Liaz MTSP27 + nástavba ACF 041	8000	107	3,6	770
Tatra 815 + nástavba NAF-11	11000	78	3,6	560
MAN 6x6 + nástavba NAF-12	12000	72	3,6	513
Rozmetání hnoje				
Dopravní prostředek	Kapacita [m <sup>3</sup> ]	Obraty [-]	Přepravní vzdálenost [km]	Ujetá vzdálenost [km]
Traktor + návěs RMA 8	8,6	64	3,6	459
Liaz MTSP27 + RMA 8	8,6	64	3,6	459
Tatra 815 + nástavba RM 16	12	46	3,6	329
MAN 6x6 + nástavba RM 16	12	46	3,6	329

Z výpočtů uvedených v tabulkách vyplývá, že vhodnější jsou dopravní prostředky s vyšší užitečnou hmotností, jelikož uskuteční méně obrátů a při přívozu vody k postřikovači menší počet obrátů zabezpečí méně prostojů postřikovače a tudíž zvýšení jeho výkonů. Výhody nákladních automobilů oproti traktorovým soupravám jsou zvýšená přepravní rychlost při

nižší spotřebě, pouze u rozmetání hnoje je zvýšený počet kilometrů najetých po poli a nepevněných cestách, proto je vhodné vybavit nákladní automobily jednoduchými montážemi širokoprofilových terénních pneumatik na všech nápravách s možností podhušťování pneumatik za jízdy, aby se snížil měrný tlak na půdu.

## 2.2 Sklizeň zrnin.

U sklizně zrnin je vhodné volit objemy nástaveb dopravních prostředků tak, aby byly přibližnými násobky kapacit zásobníků sklízecích mlátiček. Z bakalářské práce „Technické a provozně-ekonomické možnosti přepravy obilovin“<sup>[30]</sup> vyplynulo, že je vhodné pro podmínky ZOD Tísek provádět technologii sklizně tak, aby sklízecí mlátičky sklízely na jednom pozemku a jako odvoz, aby sloužily dopravní prostředky s objemem nástavby  $15\text{ m}^3$ , protože musí pojmout jeden zásobník od obou sklízecích mlátiček, jejichž objemy jsou 8 a  $7\text{ m}^3$ . Sklízecí mlátičky sklídí za rok 5 014 t zrnin. Nutnost vysoké přepravní kapacity při sklizni zrnin je u 4 462 t (pšenice ozimá, ječmen ozimý a jarní, řepka ozimá). Dle výše uvedené bakalářské práce je stanoveno, že minimální počet dopravních prostředků pro odvoz od sklízecích mlátiček je stanoven na dva a tak připadá na jeden dopravní prostředek 2 231 t. Na základě těchto hodnot jsou určeny kilometrické proběhy jednotlivých druhů dopravních prostředků při sklizni zrnin. U zbylého množství sklizených zrnin není denní výkonnost při sklizni vysoká a proto se doprava uskutečňuje doplňkovými dopravními prostředky a dopravní prostředky s vysokou přepravní výkonností jsou použity při činnostech, které jejich výkonnost lépe využijí.

Tab. 2.4: Porovnání Dopravních prostředků - sklizeň zrnin.

Dopravní prostředek	Užitečná hmotnost [t]	Obraty [-]	Přepravní vzdálenost [km]	Ujetá vzdálenost [km]
Traktor + Mengele TA 20000	15,2	147	3,6	1057
Liaz MTSP27	8	279	3,6	2008
Tatra 815	10	224	3,6	1606
MAN 6x6	13,5	166	3,6	1190

Dále je z výkazů o práci určena doba sklizně zrnin v ZOD Tísek. Ta je určena na 250 h/rok a tuto hodnotu lze považovat také za hodinové využití dopravního prostředku při sklizni zrnin za rok.

## 2.3 Sklizeň píce.

Sklizeň pícnin probíhá v ZOD Tísek pomocí sběracího vozu Mengele agregovaného s traktorem John Deere 8230. Jelikož se ZOD Tísek zabývá výrobou paliva z biomasy, sklízí se za tímto účelem technická plodina šťovík Uteusha. Plodina je pokosena, vysušena, shrnuta a následně sbírána lisem, který hmotu slisuje na hranolovité balíky. Protože tato

sklizeň probíhá souběžně se sklizní zrnin, není při svozu balíků automobilová doprava využívána.

## 2.4 Mimopodniková doprava.

V mimopodnikové dopravě ZOD tísek přepraví 5 014 t komodit. Tab. 2.5 ukazuje kilometrický proběh a hodinové využití vybraných dopravních prostředků při mimopodnikové dopravě. Při určení doby nakládky a vykládky se vychází z dlouhodobých měření a při vykládce není připuštěno zdržení způsobené možným vznikem front, které nelze odhadnout. Kilometrický proběh je určen ze známého množství přepravených komodit k jednotlivým odběratelům a známé přepravní vzdálenosti. Údaje potřebné k vytvoření tab. 2.5 jsou obsaženy v příloze 1. Stávající mimopodniková doprava probíhá, v ZOD Tísek, kombinací traktorové jízdní soupravy a automobilové soupravy Liaz MTSP27 + přívěs a při jejich vytížení, nebo při dlouhých přepravních vzdálenostech se využívá služeb externího dopravce.

Tab. 2.5: Mimopodniková doprava ZOD Tísek.

Dopravní prostředek	Užitečná hmotnost [t]	Využití	
		[km/rok]	[h/rok]
Traktor + Mengele TA 20000	15,2	15 178	577
Liaz MTSP27 + přívěs	16	14 504	567
Tatra 815 + přívěs	20	11 532	454
MAN 6x6 + přívěs	26,5	8 806	405
Externí dopravce	28	8 486	383

## 2.5 Shrnutí.

Z předešlých kapitol vyplývá, že jízdní souprava při dopravě v ZOD Tísek má kilometrický proběh a hodinové využití za rok vyplývající z tab. 2.6. Lze konstatovat, že hodinové využití porovnávaných dopravních prostředků ve vnitropodnikové dopravě je shodný, protože závisí na sklizňových nebo aplikačních strojích (sklízecí mlátičky, postřikovač) a nebo dopravní prostředky pracují společně ve skupině (rozmetání hnoje). Pak je ve vnitropodnikové dopravě využití dopravních prostředků 564 h/rok.

Tab. 2.6: Doprava v ZOD Tísek.

Dopravní prostředek	Využití	
	[km/rok]	[h/rok]
Traktorová souprava	20 139	1 093
Liaz MTSP27	21 707	1 131
Tatra 815	17 018	1 018
MAN 6x6	13 388	969
Externí dopravce	8 486	383

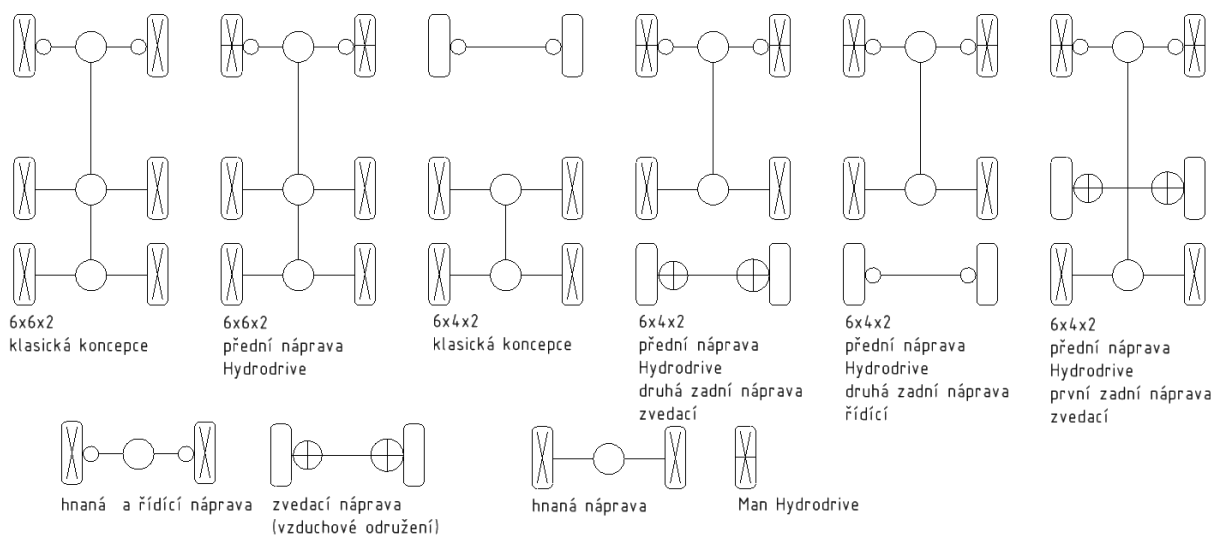
Tabulka 2.6 potvrdila předpoklady patrné z předchozích kapitol a ty jsou, že z hlediska provozního je výhodné třínápravové nákladní vozidlo s užitečnou hmotností 13,5 t (MAN

6x6), které může vytvořit jízdní soupravu s přívěsem a tato j.s. bude mít celkovou užitečnou hmotnost 26,5 t. Takto konfigurované vozidlo bude mít v dopravě (vnitropodnikové i mimopodnikové) za rok nejnižší kilometrický proběh a hodinové využití, což snižuje náklady za dopravu. Aby toto vozidlo dosáhlo určeného ročního využití, musí být vybaveno systémem pro rychlou výměnu nástaveb, jelikož bude využíváno pro přepravu různorodých komodit. Bude využíváno jako prostředek pro přívoz vody a hnojiva DAM 390 k postřikovači a odvoz močůvky, a tak musí mít cisternovou nástavbu s vlastní vývěvou, například NAF 12<sup>[7]</sup>. Dále bude využíváno pro rozmetání hnoje, a proto je nutné mít nástavbu na rozmetání hnoje, například RM 16<sup>[8]</sup>. Poslední činnost, ve které bude vozidlo provozováno je přeprava zrnin ve vnitropodnikové i mimopodnikové dopravě, a tak musí být vozidlo vybaveno sklápěcí nástavbou, například EURO K3<sup>[9]</sup>. Pro přepravu zrnin je nutné vybavit vozidlo zařízením pro tah přívěsu tak, aby bylo možno vytvořit automobilovou přívěsovou soupravu o celkové hmotnosti alespoň 43 t, což odpovídá užitečné hmotnosti 26,5 t, při použití tandemového přívěsu<sup>[10]</sup>. Ekonomické posouzení vozidla, potažmo jízdní soupravy je uvedeno v kapitole 4 Ekonomické vyhodnocení nákladního automobilu.

### 3 Návrhy úprav nákladního automobilu využitelného pro činnost v zemědělství.

Z předchozích kapitol vyplynulo, že vhodným nákladním automobilem je vozidlo spadající do kategorie N3 o 3 nápravách. Jelikož vozidlo bude pracovat ve ztížených podmínkách, to znamená přeprava materiálu bude probíhat i po nezpevněných účelových komunikacích a v terénu, je nutné volit koncepci se znakem náprav 6x4 nebo 6x6. Pro vozidlo se znakem náprav 6x6 jsou obvyklé permanentně hnané obě nápravy zadní a přiřaditelný pohon přední nápravy, který se využívá pouze v terénu a při zhoršených klimatických podmínkách. Lze volit čistě mechanický pohon všech náprav a nebo pohon přední nápravy pomocí hydromotorů (MAN HydroDrive®). Tyto vozidla jsou na trhu rozšířená a jejich přednosti se osvědčují především mimo zpevněné komunikace. Další možností je zvolit vozidlo se znakem náprav 6x4. Tady je možnost výběru koncepce s mechanicky hnanými oběmi zadními nápravami a nehnanou, řídicí přední nápravou, nebo s připojitelnou, mechanicky hnanou přední řídicí nápravou a jednou hnanou zadní nápravou, kde druhá zadní náprava je vlečná a je buď zvedací (pro jízdu bez nákladu) nebo řiditelná. Pro názornost jsou na obrázku 3.1 uvedeny varianty uspořádání pohonu uvažovaných nákladních automobilů.

Jako koncept je vybrán nákladní automobil se znakem náprav 6x4 v provedení s přední hnací nápravou MAN HydroDrive® a jednou hnací zadní nápravou. Předmětem výpočtu je určit výkon motoru a zvolit typ motoru, následně určit parametry hnacího ústrojí vzhledem k vybranému motoru a ověřit jízdní a dynamické vlastnosti takto zvoleného nákladního automobilu. Pak je, na základě výpočtu, zvoleno umístění zvedací nápravy (vlečená, tlačená). Následně jsou propočteny požadavky nástaveb na vozidlo, včetně návrhu rámu a jsou specifikovány požadavky na pneumatiky, kabinu a ovládání vozidla.



Obr. 3.1: Uspořádání pohonu.

### 3.1 Dynamické vlastnosti nákladního automobilu o celkové hmotnosti 25 t.

První výpočet se zabývá určením výkonů pro uvažovaný koncept. Jelikož se při výpočtu vychází z nejhorších podmínek, bude posuzována dynamika vozidla při maximální možné váze, která je povolena legislativně. Pro třínápravový nákladní automobil je to 25 t celkové hmotnosti, při použití jednoduchých montážích kol pneumatik na hnaných nápravách. Pro jízdní soupravu je celková hmotnost omezena na 48 t.

Ze zjištěných parametrů je třeba určit výkon motoru a jeho kroutící moment. Tyto hodnoty lze získat z rovnice 3.1 vyjadřující hnací sílu na kolech ( $F_k$ ), jejíž hodnoty jsou zaznamenány v tab. 3.1.

$$F_k = O_f + O_s + O_v + O_a + O_t \quad [N]^{[11]} \quad 3.1$$

kde je:

$F_k$	[N]	hnací síla
$O_f$	[N]	odpor valení
$O_s$	[N]	odpor stoupání
$O_v$	[N]	odpor vzduchu
$O_a$	[N]	odpor setrvačnosti (zrychlení)
$O_t$	[N]	odpor tahu

V rovnici 3.1 se zanedbává hodnota odporu tahu  $O_t$  v případě, že se při výpočtech uvažuje se samostatným nákladním automobilem bez přívěsu. Také je zanedbána hodnota odporu zrychlení  $O_a$ , jelikož vozidlo, respektive jízdní souprava dále nezrychluje. Odpor valení  $O_f$  je určen rovnicí 3.2 a jeho hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.1 pro zkoumaná stoupání (0 %; 4,5 %; 12 % a 100 %). Tyto stoupání reprezentují maximální stoupání na dálnicích, rychlostních silnicích a silnicích dle normy ČSN 73 6101 a také orientační stoupání pro jízdu v terénu. V rovnici je počítáno se součinitelem odporu valení 0,015 vyjadřující jízdu jízdní soupravy po pozemní komunikaci a 0,1, která je dosazena ve výpočtu pro 100 % stoupání a simuluje odpor valení při jízdě po poli. Hodnota součinitele odporu valení může dosahovat v polních podmínkách hodnoty 0,15 až 0,2 například u sklizně cukrové řepy<sup>[4]</sup>, ovšem tyto mezní hodnoty vyjadřují podmínky pro rozbahněnou půdu, po které by se měly pohybovat pouze sklizňové stroje.  $G$  je tíha vozidla, což je součin maximální celkové hmotnosti 25 000 kg pro nákladní automobil a 23 000 kg pro přívěs a gravitačního zrychlení  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$  a  $\cos \alpha$  vyjadřuje stoupání. Odpor stoupání  $O_s$  vyjadřuje rovnice 3.3, kde  $\sin \alpha$  vyjadřuje stoupání a  $G$  je tíha.

$$O_f = G \cdot f \cdot \cos \alpha \quad [N]^{[11]} \quad 3.2$$

kde je:

G	[N]	tíhová síla vozidla
f	[-]	součinitel odporu valení

$$O_s = G \cdot \sin \alpha \quad [N]^{[11]} \quad 3.3$$

dalším odporem v rovnici 3.1 je odpor vzduchu  $O_v$ , který je způsoben aerodynamickými silami a jeho velikost vyjadřuje rovnice 3.4, kde konstanta 0,05 zahrnuje podmínky jako jsou hustota vzduchu  $1,29 \text{ kg/m}^3$  při teplotě  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  a převod jednotek rychlosti z  $\text{m/s}$  na  $\text{km/h}$ . Člen  $c_x$  vyjadřuje hodnotu součinitele odporu vzduchu, který se pohybuje, u nákladních automobilů, v rozmezí hodnot 0,6 - 1,0. Jelikož uvažovaný nákladní automobil má prvky zlepšující jízdní vlastnosti v terénu, bude jeho aerodynamický odpor vyšší a proto se počítá s hodnotou 0,9. Další veličinou vstupující do rovnice je čelní plocha  $S$  vyjádřená rovnicí 3.5. Jelikož nákladní automobil bude agregován s účelovými nástavbami využívajícími maximální rozměry vozidla dle vyhlášky č. 341/2002 Sb. (šířka 2,55 m a výška vozidla 4,00 m) lze čelní plochu vozidla stanovit z rovnice 3.5 na hodnotu  $9 \text{ m}^2$ . Posledním členem rovnice 3.4 je relativní rychlost vzduchu a vozidla. Pokud bude zanedbána rychlost vzduchu, pak maximální rychlost nákladního vozidla na pozemních komunikacích je  $90 \text{ km/h}$ . Z těchto podmínek vyplývá, že odpor vzduchu je roven hodnotě  $3281 \text{ N}$ .

$$O_v = 0,05 \cdot c_x \cdot S \cdot v^2 \quad [N]^{[11]} \quad 3.4$$

kde je:

$c_x$	[-]	součinitel odporu vzduchu
$S$	$[\text{m}^2]$	čelní plocha vozidla
$v$	$[\text{km/h}]$	rychlost

$$S = 0,88 \cdot \check{s}_v \cdot v_v \quad [\text{m}^2]^{[11]} \quad 3.5$$

kde je:

$\check{s}_v$	[m]	šířka vozidla
$v_v$	[m]	výška vozidla

Posledním z odporů je odpor setrvačnosti  $O_a$ , který je vyjádřen rovnicí 3.6. Hmotnost vozidla je  $25 \text{ t}$  nebo  $48 \text{ t}$  pro jízdní soupravu a zrychlení vozidla je nulové, proto je tento odpor v tomto případě zanedbán, ale bude z něho určeno zrychlení vozidla v pozdějších výpočtech týkajících se dynamiky navrženého vozidla, popřípadě jízdní soupravy.

$$O_a = m \cdot a \cdot \delta \quad [N]^{[11]} \quad 3.6$$

kde je:

$m$	[kg]	hmotnost
-----	------	----------

a	[m/s <sup>2</sup> ]	zrychlení
δ	[-]	součinitel vlivu rotujících hmot

Po provedení výpočtů je stanovena síla na kolech, uvedena v tabulce 3.1, potřebná k vyrovnaní daných podmínek a v této tabulce je určen moment motoru vypočtený z rovnice 3.7, kde  $r$  je poloměr kola stanovený na 0,522 m,  $F_k$  je síla na hnacích kolech,  $i_k$  je převodový poměr k-tého rychlostního stupně převodovky ZF 12 AS 2330 OD (pro určení  $F_k$  při 100 % stoupání je to  $i_k=12,33$ ; pro  $F_k$  při 0 % stoupání je to  $i_k=1$ ; pro  $F_k$  při 12 % stoupání je to  $i_k=4,56$ ; pro  $F_k$  při 4,5 % stoupání je to  $i_k=4,56$ ),  $i_0$  je převodový poměr stálého převodu hnací nápravy MAN HP-1352 a je dán součinem převodového poměru rozvodovky a stálého převodu v kolech ( $i_0=4$ ) v tabulce 3.1 je uveden převodový poměr celkový  $i_c$ , který je součinem převodových poměrů  $i_k$  a  $i_0$  a  $\eta_c = 0,97$  je celková mechanická účinnost převodného ústrojí.

$$F_k = \frac{M_t \cdot i_k \cdot i_0 \cdot \eta_c}{r} \Rightarrow M_t = \frac{F_k \cdot r}{i_k \cdot i_0 \cdot \eta_c} \quad [Nm]^{[11]} \quad 3.7$$

kde je:

$M_t$	[Nm]	točivý moment motoru
$i_k$	[-]	převodový poměr k-tého stupně
$i_0$	[-]	převodový poměr stálého převodu hnací nápravy
$\eta_c$	[-]	celková mechanická účinnost převodného ústrojí
$r$	[m]	poloměr kola

$$O_t = G_{pv} \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) [N]^{[11]} \quad 3.8$$

kde je:

$G_{pv}$	[N]	tíhová síla přípojného vozidla
$f$	[-]	součinitel odporu valení kol přípojného vozidla

Při výpočtu  $F_k$  pro jízdní soupravu je zahrnut odpor tahu  $O_t$  počítající se z rovnice 3.8, kde  $G_{pv}$  je tíha přívěsného vozidla vycházející z celkové váhy přívěsu 23 t, součinitel odporu valení je 0,015, jelikož je souprava provozována pouze na komunikacích a  $\cos \alpha$  a  $\sin \alpha$  vyjadřují závislost odporu na stoupání. Z hodnot  $M_t$  uvedených v tab. 3.1 je nejvyšší 2082 Nm. Pokud mají být splněny dynamické požadavky na vozidlo, musí být hodnota točivého momentu motoru stejná nebo vyšší.



Tab. 3.1: Obecné parametry

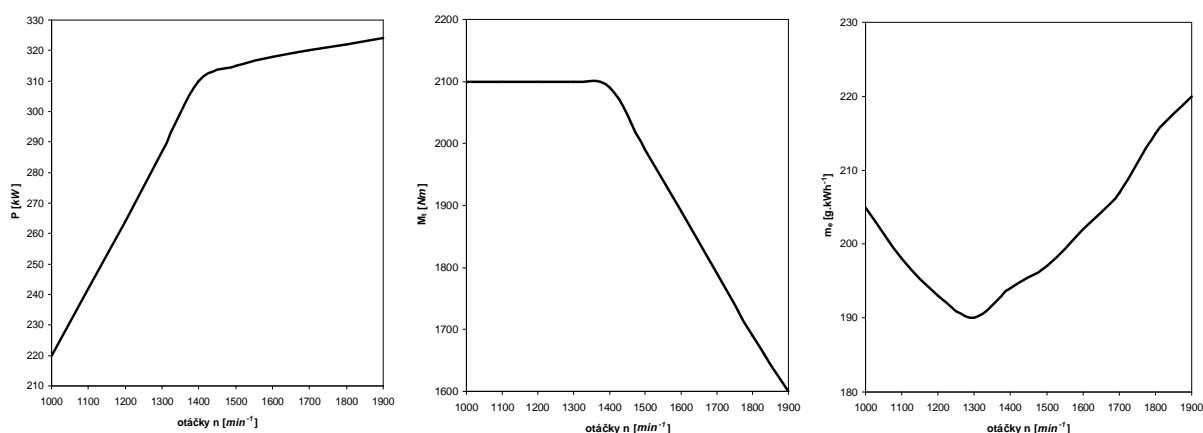
$M_t$ [Nm]	2082	1863	1529	1392
$F_k$ [N]	190768	63135	30679	10344
stoupání [%]	100	12	4,5	0
váha [t]	25	48	48	48
rychlost [km/h]	5	10	90	90
celkový převodový poměr $i_c$	49,32	18,24	10,8	4
součinitel odporu valení $f$ [-]	0,1	0,015	0,015	0,015

Lze konstatovat, že z tab. 3.1 je potřeba točivého momentu motoru určena hodnotou 2082 Nm. Na trhu se pohybuje několik výrobců motorů, splňujících tento požadavek. Je zvolen motor MAN D2066 R6<sup>[12]</sup> pro dostupnost rychlostní charakteristiky motoru a také pro výběr dalších komponent tohoto výrobce. Motor byl vybrán ve výkonu 324 kW (440 k) při 2100 1/min a 2100 Nm v otáčkách motoru od 1000 1/min do 1400 1/min a při nejmenší měrné spotřebě 190 g/kWh dosahované v 1300 1/min.<sup>[12]</sup> Jeho rozměry a hmotnost jsou uvedeny v tab. 3.2 a tyto poslouží k dalším výpočtům.

Tab 3.2: D2066R6<sup>[12]</sup>

délka [mm]	1650
šířka [mm]	890
výška [mm]	1050
váha [kg]	1110
objem [l]	10,5
P, $M_t$ , $m_e$ pro EURO5	

Výkon motoru byl zvolen nejvyšší v daném typu. Důvodem byla vysoká záloha točivého momentu v nízkých otáčkách slibujících nižší spotřebu paliva. Na obrázku 3.2 graficky znázorněna vnější rychlostní charakteristika tohoto motoru, která také poslouží k dalším výpočtům.

Obr. 3.2: Závislost výkonu, točivého momentu a měrné spotřeby na otáčkách motoru.<sup>[12]</sup>

Po určení motoru následuje volba převodovky a volba umístění vývodového hřídele (PTO). Optimální převodovka v nákladním automobilu pro využití v zemědělství by byla taková, která by umožňovala plynulou změnu převodového poměru a dovozovala by tak zrychlování vozidla při téměř konstantních otáčkách. Tato vlastnost by byla využita především v případě, že by vozidlo fungovalo jako aplikační a to například s nástavbou

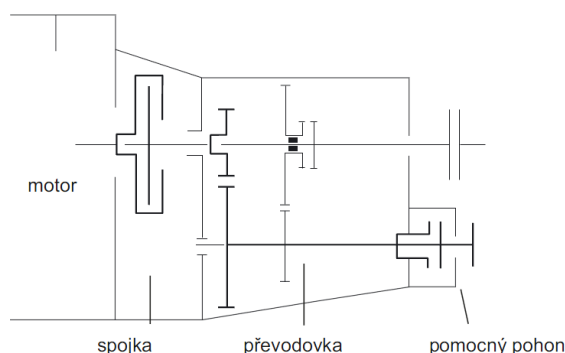
rozmetadla chlěvské mrvy, granulovaných hnojiv nebo s cisternou na aplikaci jemně mletého vápence či kejdy. PTO by byl předřazen před spojkou a převodovkou a byl by tedy závislý pouze na otáčkách motoru. Elektronická vazba mezi motorem a převodovkou by umožňovala komunikaci těchto částí a tak by při zvolení konstantních otáček motoru (pro správný chod aplikační nastavby) převodovka volila vhodný převodový poměr pro jízdu (buď automaticky nebo řidičem) a dále by elektronická jednotka aplikátoru zvolila vhodnou dávku aplikovaného materiálu na základě rychlosti vozidla a předem dané aplikované dávce na hektar. Výhoda této převodovky by ovšem vynikla také při dopravě, jelikož vozidlo by se pohybovalo v tak nízkých otáčkách motoru, které by dovozovaly aktuální podmínky při jízdě (momentální zatížení, charakter terénu, profil komunikace, atd.) a otáčky motoru a tedy rychlost by nebyly přímo závislé na mechanickém převodu převodovky.

Teorii popsanou v předchozím odstavci ovšem není možno uskutečnit, jelikož takovou to převodovku, pro přenos žádaného výkonu, nenabízí žádný z výrobců. Proto byla zvolena automatická převodovka 12 AS 2330 OD firmy ZF Friedrichshafen AG (ZF)<sup>[13]</sup>. Jedná se o automatický převodový systém pro nákladní automobily, který je složen z klasické mechanické převodovky a spojky ovládané pomocí řídicí jednotky sledující rychlost jízdy a otáčky motoru. řidič volí převodový stupeň ovladačem který je elektronicky spojen s řídicí jednotkou, která provádí vlastní řazení. Její parametry jsou uvedeny v tab. 3.3 a vyhovují vybranému motoru. Převodovka má 12 stupňů pro jízdu vpřed a 2 stupně pro jízdu vzad.

Tab. 3.3: ZF-AS Tronic 12 AS 2330 OD<sup>[13]</sup>

délka [mm]	910
šířka [mm]	578
výška [mm]	582
váha [kg]	260
vstupní moment max. [Nm]	2300

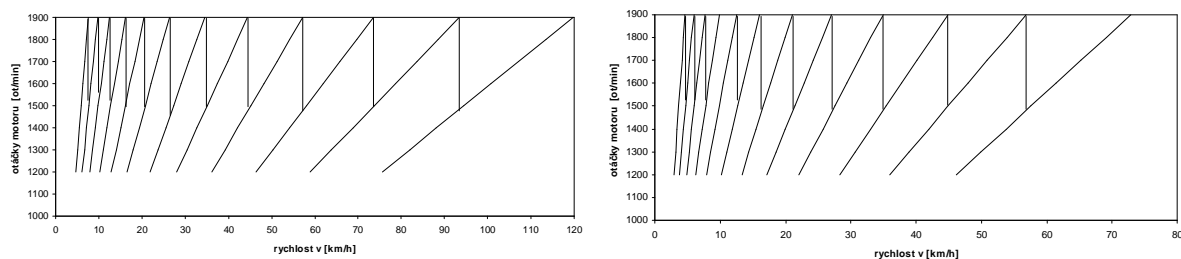
K této převodovce byl vybrán pomocný pohon (PTO) se dvěma výstupy pro pohon nástaveb a čerpadla systému HydroDrive® a to typ NAS/10<sup>[14]</sup>, který je závislý na sepnutí spojky, na spodním výstupu přenáší 600 Nm a na horním výstupu přenáší 730 Nm<sup>[14]</sup>. Poměr výstupních otáček k otáčkám motoru je 1,40 na spodním výstupu a 1,03 na horním výstupu<sup>[14]</sup>. Schéma pomocného pohonu je uvedeno na obr. 3.3. Převodový poměr je dán převodovým poměrem ozubených kol hlavní a předlokové hřídele. Zapnutí nebo vypnutí pomocného pohonu se musí provádět při stojícím vozidle a je řešeno pneumaticky pomocí jednostranně zatíženého pneumatického válce, který je integrován ve skříni pomocného pohonu. Provoz je možný při jedoucím i stojícím vozidle. Při jízdě však PTO nesmí být řazen.



Obr. 3.3: Schéma převodovky pomocného pohonu ZF závislého na spojce.<sup>[15]</sup>

Další částí převodného ústrojí je rozdělovací převodovka výrobce MAN a typu G 173<sup>[16]</sup> umožňuje pneumaticky přiřadit přední nápravu, uzamknout diferenciál a přeřadit silniční ( $i = 1,007$ )<sup>[16]</sup> nebo terénní ( $i = 1,652$ )<sup>[16]</sup> převod. Její váha je 340 kg<sup>[16]</sup> a odpovídá požadavkům převodovky i motoru. Alternativou je vyměnit rozdělovací převodovku za nové řešení, kterým je MAN HydroDrive®. Toto řešení je vhodné pro vozidla zajíždějící do terénu příležitostně a nabízí snížení váhy pohonu o 400 kg oproti klasickému pohonu přední nápravy. Tento hydrostatický pohon přední nápravy se chová jako klasický pohon s uzavřeným diferenciálem a funguje automaticky do 30 km.h<sup>-1</sup> pokud je zapnuta funkce spínačem na palubní desce. Při překročení rychlosti se pohon automaticky vypne a při opětovném poklesu rychlosti pod 22 km.h<sup>-1</sup> se automaticky zapne znovu. Náprava se také chová jako retardér, pokud je třeba. Tento systém je dostupný v konfiguraci náprav, která byla zvolena a to přední a druhá zadní náprava hnací a první zadní náprava tažená a zvedací na vzduchových pružinách.

Poslední částí ovlivňující převodné ústrojí je hnací náprava a její převod. Hnací náprava typu HP-1352<sup>[17]</sup> výrobce MAN byla vybrána s hodnotou stálého převodu  $i = 4$ <sup>[17]</sup>, její maximální zatížení je 13 t<sup>[17]</sup> a je určena pro rozměr pneumatik 22,5“<sup>[17]</sup> při vlastní váze 804 kg<sup>[17]</sup>. Pokud by byla zvolena klasická hnací přední náprava, pak by šlo o typ VP-09 od výrobce MAN se stejnou hodnotou stálého převodu a rozměrem pneumatik při maximálním zatížení 9 t<sup>[18]</sup> při vlastní váze 738 kg<sup>[18]</sup>. Stálý převod hnacích náprav byl volen za účelem dosažení maximální povolené rychlosti 90 km.h<sup>-1</sup> při otáčkách příznivých na spotřebu. Na obr. 3.4 lze vidět kinematickou charakteristiku otáček motoru na rychlosti ( $n_m(v)$ ) při těchto převodových poměrech. Lze říci, že maximální rychlost je dosahována na nejvyšším převodovém stupni v otáčkách příznivých na spotřebu. Pokud by bylo vozidlo vybaveno systémem MAN HydroDrive® pak by nebyla v převodném ústrojí zahrnuta rozdělovací převodovka a proto by kinematická charakteristika byla téměř identická jako levý graf na obr. 3.4, kde levý graf ukazuje průběh rychlosti s převodem  $i = 1,007$  v přidavné převodovce a pravý graf s převodem  $i = 1,652$  v přidavné převodovce.



Obr. 3.4: Kinematická charakteristika otáček motoru na rychlosti  $n_m(v)$ .

Po kompletním určení převodného ústrojí lze vypočítat vybrané dynamické vlastnosti nákladního vozidla a jízdní soupravy. Nejdříve je třeba rozdělit momentovou charakteristiku motoru minimálně na 10 bodů. To splňuje tab. 3.4.

Tab. 3.4: Průběh momentové charakteristiky motoru rozdělený do 10 bodů s vyznačením  $M^M$  a  $M^P$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n$ [1/min]	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
$M_t$ [Nm]	2100	2100	2100	2100	2100	1990	1890	1790	1690	1600
	$M^M$	$M^M$	$M^M$	$M^M$	$M^M$					$M^P$

Pro sestrojení charakteristiky měrné hnací síly vozidla  $p(v)$  je potřeba vypočítat následující hodnoty:

Hnací sílu na kolech vozidla pro různé převodové stupně a otáčky motoru a to pomocí rovnice 3.8, dále rychlost vozidla určíme z rovnice 3.9 a také se musí určit odpor vzduch z rovnice 3.10, aby bylo možno vyjádřit měrnou hnací sílu z rovnice 3.11, kde tíha  $G$  vyjadřuje maximální hmotnost nákladního automobilu 25 t nebo jízdní soupravy. Výsledky výpočtů jsou uvedeny v příloze 2.

$$F_k = \frac{M_t \cdot i_k \cdot i_0 \cdot \eta_c}{r} [N]^{[11]} \quad 3.8$$

$$v = 22,62 \cdot \frac{r \cdot n_m}{i_k \cdot i_0} [km/h]^{[11]} \quad 3.9$$

kde je:

$n_m$  [1/min] otáčky motoru

$$O_v = 0,05 \cdot c_x \cdot S \cdot v^2 [N]^{[11]} \quad 3.10$$

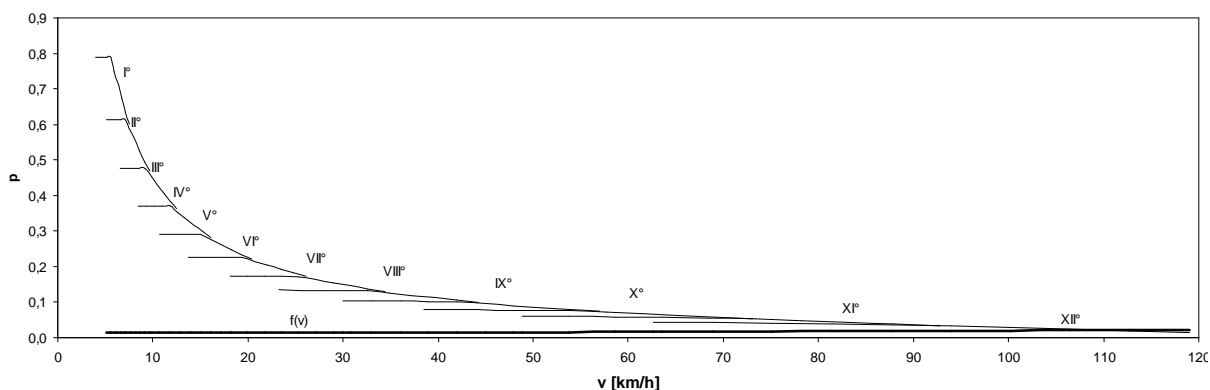
$$p = \frac{F_k - O_v}{G} [-]^{[11]} \quad 3.11$$

kde je:

$p$  [-] měrná hnací síla

Z výsledků rovnic 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 byl vytvořen graf na obr. 3.5 reprezentující charakteristiku měrné hnací síly na rychlosti a je zde vynesena i průběh součinitele odporu valení, jehož průsečík s některým z průběhů měrných hnacích sil znázorňuje maximální

dosažitelnou teoretickou rychlost automobilu. Pro samotný nákladní automobil o celkové hmotnosti 25 t. Lze konstatovat, že teoretická maximální rychlost nákladního automobilu se bude pohybovat okolo 110 km/h.



Obr 3.5: Charakteristika měrné hnací síly na rychlosti  $p(v)$  a součinitele odporu valení na rychlosti  $f(v)$  demonstrující teoretickou maximální rychlost vozidla o celkové hmotnosti 25 t.

Dále bylo určeno zrychlení na základě rovnice 3.12 a také jeho obrácená hodnota, která dále poslouží k výpočtu zrychlení vozidla. Součinitel vlivu rotačních hmot ( $\delta$ ) bylo nutné zvolit, jelikož ho výrobce neudává, a tak byly voleny hodnoty 2,5 pro I° až 1,05 pro přímý záběr. Pro určení časového průběhu rychlosti vozidla při rozjezdu dále platí vztah 3.13. Pro další průběh výpočtů je potřeba znát hodnoty  $1/a$  a při jejich určování je důležité zmínit, že poměr  $1/a$  se blíží k nekonečnu úměrně s přibližováním se k hodnotě teoretické maximální rychlosti automobilu a proto je nutné výpočet provádět do rychlosti menší než maximální. Průběh hodnot zrychlení na rychlosti je zanesen v grafu na obr. 3.6 a to pro nákladní automobil o celkové hmotnosti 25 t.

$$a = \frac{g}{\delta} (p - f) \text{ [m/s}^2\text{]}^{[11]} \quad 3.12$$

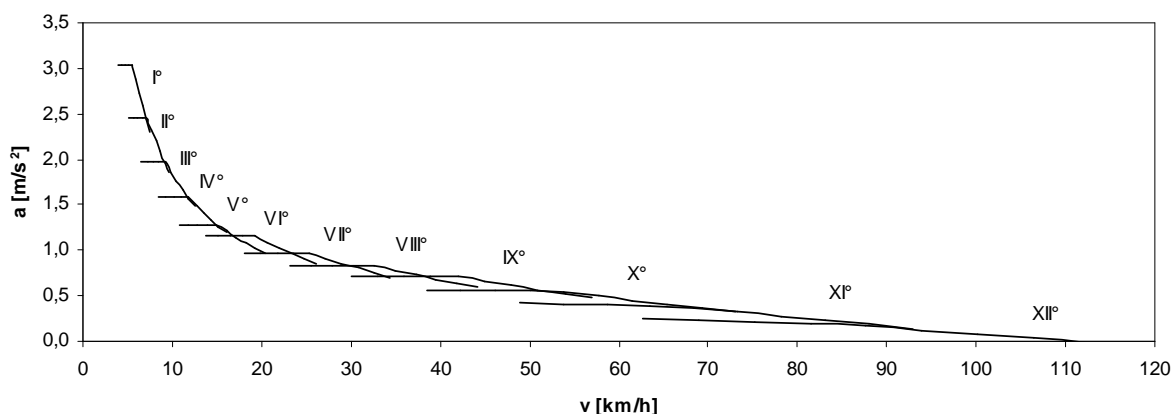
kde je:

$g$  [m/s<sup>2</sup>] gravitační zrychlení

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow dt = \frac{1}{a} \cdot dv \rightarrow t_2 - t_1 = \Delta t = \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{a} \cdot dv^{[11]} \quad 3.13$$

kde je:

$t_1, t_2$  [s] čas



Obr. 3.6: Průběhy hodnot zrychlení na rychlosti pro nákladní automobil o celkové hmotnosti 25 t.

Aby bylo možno vyjádřit průběh hodnoty rychlosti na čase je nezbytné určit hodnoty doběhu, které určují pokles rychlosti při přeřazení, jelikož dochází k rozpojení pohonu. Jelikož je zvolena mechanická převodovka, u které probíhá přeřazení automaticky a řidič volí převodový stupeň pomocí joysticku (volič spojený s řadicím ústrojím pouze elektronicky) je počítáno s dobou přeřazení trvající 1 s. Charakteristika doběhu je určena pro rychlosti 5 až 110 km/h, pro nákladní automobil. Při výpočtu se vychází ze vzorce 3.13 a hodnota  $\delta$  je opět volena (1,1). Pro hodnoty zpomalení opět platí závislost vyjádřena ve vztahu 3.14, proto je nutné určit hodnoty  $1/b$ . Pro zrychlení i zpomalení platí, že pro určení konečné závislosti  $v(t)$  je nutné určit plochu pod křivkou vymezenou intervalem dvou sousedních rychlostí a shora křivkou  $1/a(v)$ . Tuto plochu určíme jako součet obdélníku a trojúhelníku z rovnice 3.15. Výsledky jsou obsaženy v příloze 3. Plocha určuje přírůstek času  $\Delta t$  [s]. Pro názornost je uveden na obr. 3.7 graf závislosti  $1/a(v)$  pro I° s vyznačením ploch určujících přírůstek času a na obr. 3.8 graf závislosti  $1/b(v)$  s vyznačením ploch určujících přírůstek času. Grafy pro ostatní rychlostní stupně nejsou pro výpočet nutné, proto jsou hodnoty přírůstku času pouze v tabulce v příloze 3.

$$b = \frac{g}{\delta} \cdot \left( 0,05 \cdot c_x \cdot S \cdot \frac{v^2}{G} + f \right) [m/s^2]^{[11]} \quad 3.13$$

kde je:

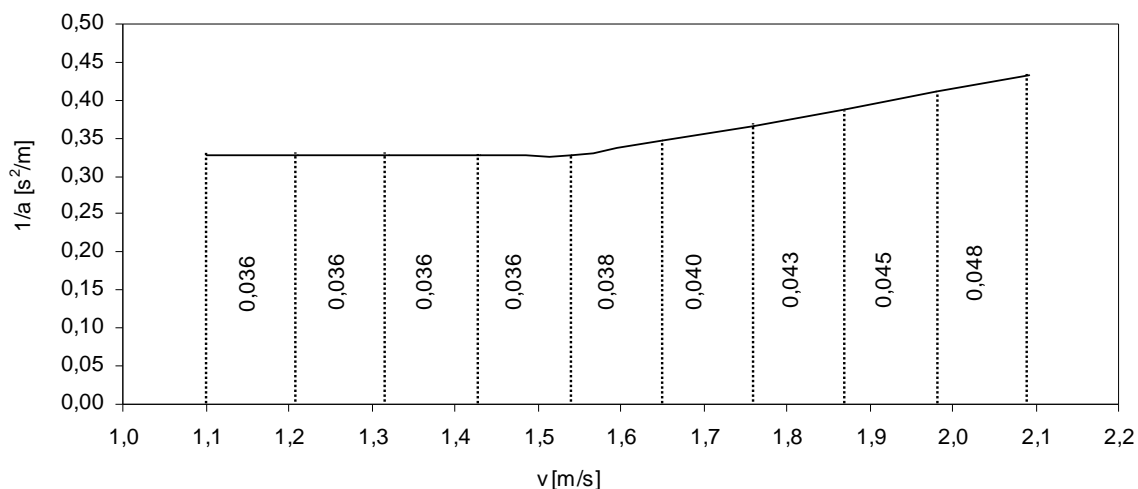
$b$  [m/s<sup>2</sup>] zpomalení

$$b = \frac{dv}{dt} \rightarrow dt = \frac{1}{b} \cdot dv \rightarrow t_2 - t_1 = \Delta t = \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{b} \cdot dv [s]^{[11]} \quad 3.14$$

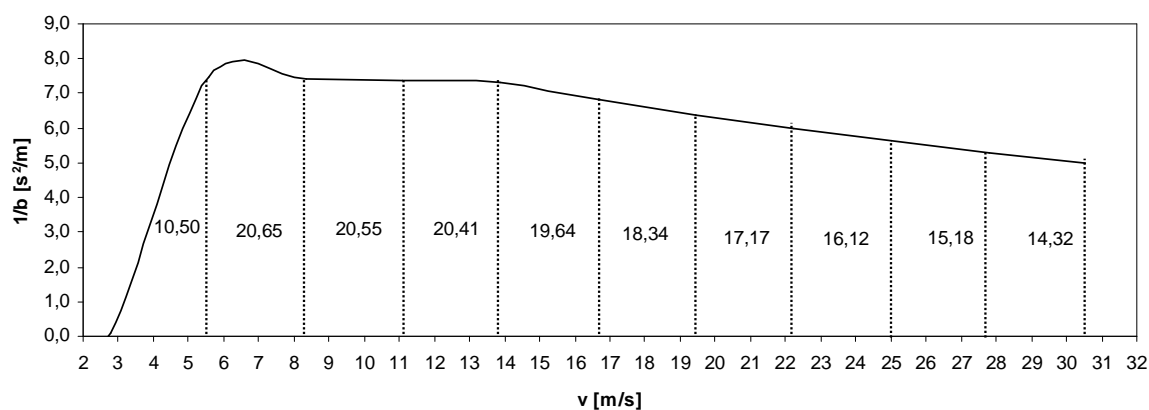
$$S = S_{obdél.} + S_{trojúhel.} = (v_{i+1} - v_i) \cdot \frac{1}{a_i} + \frac{(v_{i+1} - v_i) \cdot \left( \frac{1}{a_{i+1}} - \frac{1}{a_i} \right)}{2} [m^2]^{[11]} \quad 3.15$$

kde je:

$S$  [ $m^2$ ] plocha pod křivkou  
 $S_{\text{obdél.}}$  [ $m^2$ ] plocha obdélníku  
 $S_{\text{trojúhel.}}$  [ $m^2$ ] plocha trojúhelníku



Obr. 3.7: Charakteristika obrácené hodnoty zrychlení na rychlosti  $1/a(v)$  s vyznačením ploch pro jednotlivé intervaly rychlostí.



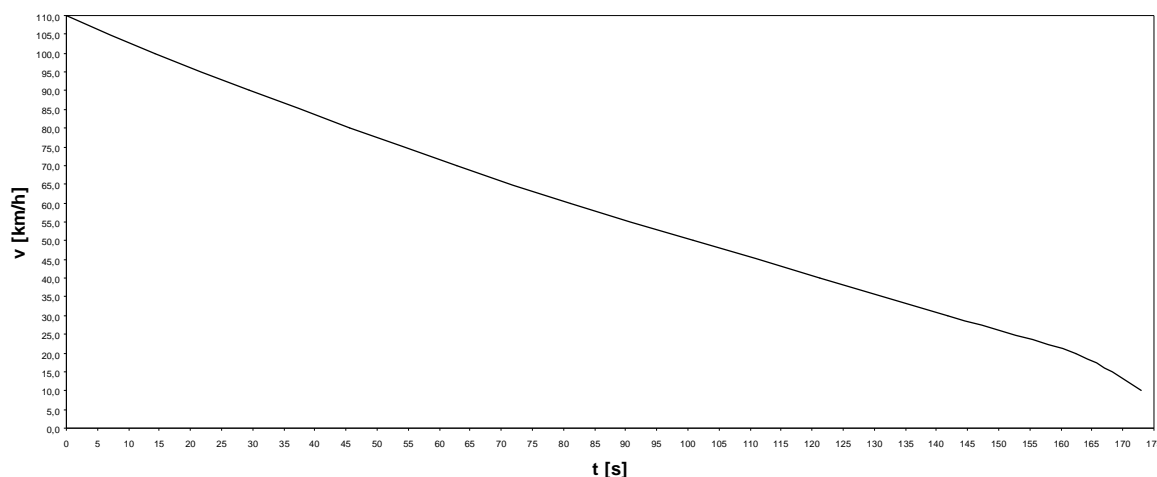
Obr. 3.8: Charakteristika obrácené hodnoty zpomalení na rychlosti  $1/b(v)$  s vyznačením ploch pro jednotlivé intervaly rychlostí.

Tab. 3.5: Hodnoty výpočtů pro určení doběhu vozidla

$v$ [km/h]	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
$v$ [m/s]	30,56	27,78	25,00	22,22	19,44	16,67	13,89	11,11	8,33	5,56	2,78	1,39
$O_v$ [N]	378,1	312,5	253,1	200,0	153,1	112,5	78,1	50,0	28,1	12,5	3,1	0,8
$\alpha_v$ [-]	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$f$ [-]	0,021	0,020	0,019	0,018	0,017	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015	1,015	2,015
$b$ [ $m/s^2$ ]	0,200	0,189	0,178	0,167	0,157	0,147	0,137	0,136	0,135	0,134	9,052	17,970
$1/b$ [ $s^2/m$ ]	5,008	5,302	5,626	5,983	6,380	6,823	7,320	7,375	7,419	7,450	0,110	0,056
$\Delta t$ [s]	0	14,32	15,18	16,12	17,17	18,34	19,64	20,41	20,55	20,65	10,50	0,12
$t$ [s]	0	14,32	29,50	45,62	62,79	81,13	100,77	121,18	141,73	162,38	172,88	173,00

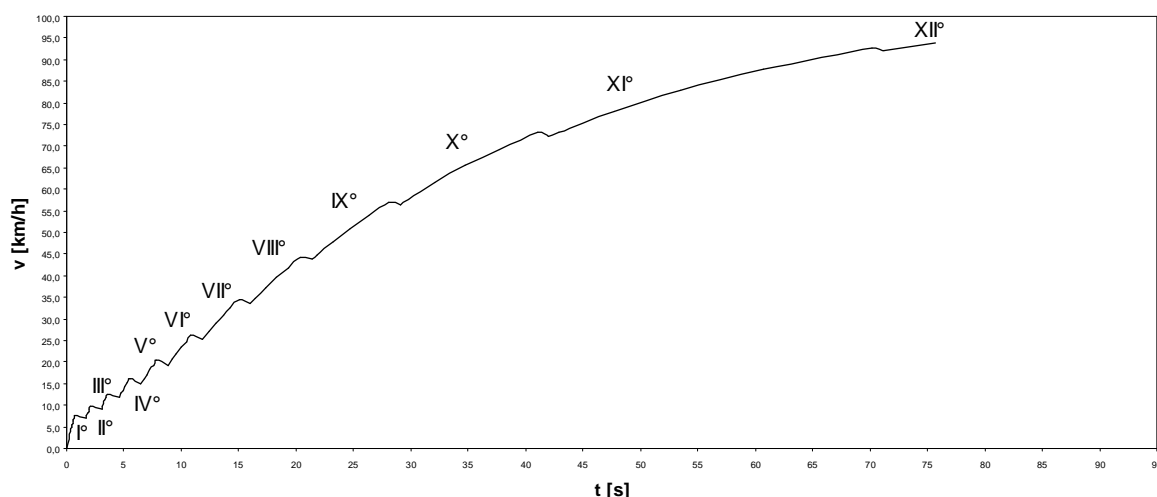
Hodnoty výpočtů v tab. 3.5 jsou využity pro sestavení grafu na obr. 3.9 reprezentujícího závislost klesajících rychlostí na čase při doběhu vozidla. Z tohoto grafu je určována hodnota, o kterou klesne rychlost vozidla při přeřazení a to pro každý stupeň kromě nejvyššího. Postup

určení hodnoty rychlosti je následující. Z tabulky v příloze 2 zjistíme maximální rychlosti dosažitelné v I° až XI° a ty se vynesou do grafu na obr. 3.9 jako úsečky rovnoběžné s osou x (reprezentující čas  $t$ ) a v průsečíku s křivkou doběhu vozidla  $v(t)$  se sestrojí úsečka rovnoběžná s osou y (reprezentující rychlost  $v$ ). Od této úsečky se sestrojí další rovnoběžná úsečka posunutá o 1 s (směrem vpravo) vyjadřující dobu přeřazení a ta opět protne křivku doběhu vozidla. Tento průsečík proložíme úsečkou rovnoběžnou s osou x (reprezentující čas  $t$ ) a ta nám reprezentuje hodnotu, na kterou klesne rychlost vozidla po přeřazení a tato je zároveň počáteční rychlostí pro další převodový stupeň.



Obr. 3.9: Charakteristika doběhu vozidla o celkové hmotnosti 25 t.

Pomocí postupu popsaném v minulém odstavci byla vytvořena tabulka, která je uvedena v příloze 3 a z této tabulky je vytvořen graf na obr. 3.10 charakterizující zrychlení nákladního automobilu o celkové hmotnosti 25 t.



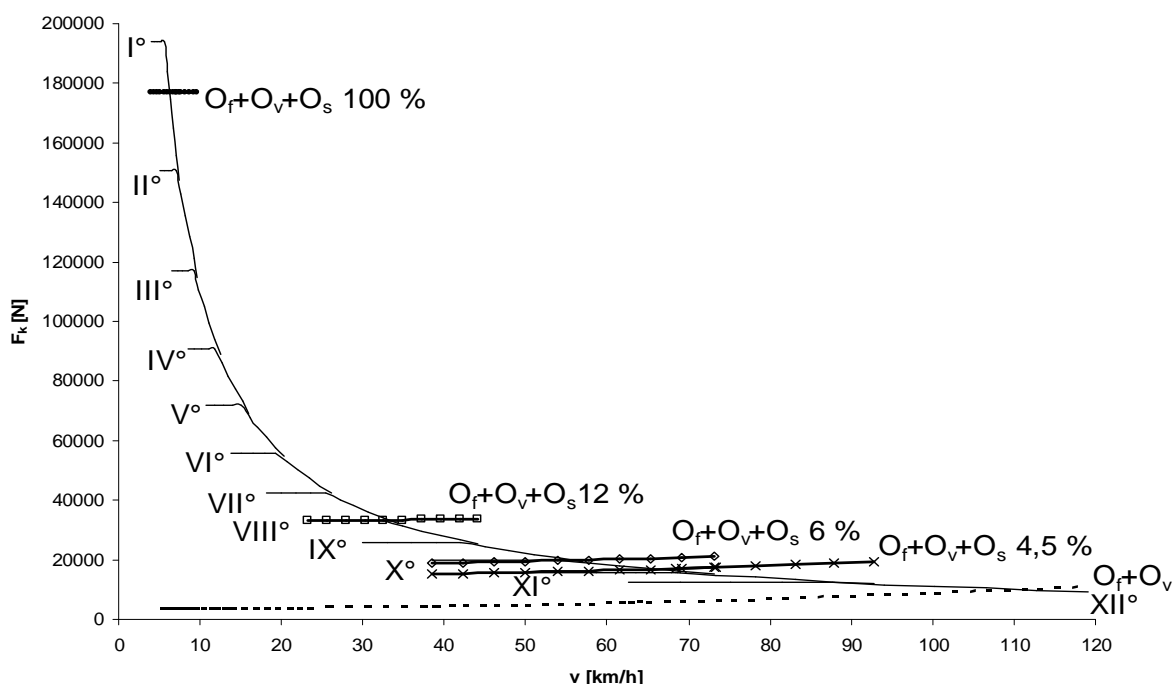
Obr. 3.10: Charakteristika zrychlení vozidla o celkové hmotnosti 25 t.

Dále je ověřena stoupavost vozidla pro hodnoty 100 % (maximální stoupání), 4,5 %, 6 % a 12 % což jsou nejvyšší přípustné podélné sklony, dle normy ČSN 73 6101, pro dálnici (v horských územích) a rychlostní silnici nebo čtyřpruhovou silnici s neomezeným přístupem a silnicí. Výsledky stoupavosti vozidla o celkové hmotnosti 25 t jsou uvedeny v grafu na



obr. 3.11. Výpočty potřebné pro vytvoření grafu jsou uvedeny v příloze 4, kde síla  $F_k$  je určena rovnicí 3.8, rychlost  $v$  [km/h] je určena rovnicí 3.9, odpor vzduchu  $O_v$  je určen rovnicí 3.4, odpor valení  $O_f$  rovnicí 3.2 a odpor stoupání  $O_s$  rovnicí 3.3. Při výpočtu odporu valení je počítáno se základním součinitelem valivého odporu o hodnotě 0,015, který se zvyšuje od rychlosti 50 km/h dle vztahu uvedeném v rovnici 3.16, kde  $v$  je rychlost [km/h].

$$f = 0,015 \cdot [1 + 0,0065 \cdot (v - 50)]^{[11]} \quad 3.16$$



Obr. 3.11: Charakteristika závislosti hnací síly a vybraných odporů na rychlosti.

Graf na obrázku 3.11 znázorňuje charakteristiku hnací síly na kolech  $F_k$  v závislosti na rychlosti, dále obsahuje průběhy odporů. Křivka součtu odporů valení a vzduchu zobrazuje, v průsečíku s křivkou hnací síly, maximální rychlost vozidla. Křivky součtů odporů valení, vzduchu a stoupání určených pro stoupání 4,5 %, 6 %, 12 % a 100 %, zobrazují v průsečících s měrnou hnací silou na kolech, maximální dosažitelnou rychlost vozidla při daných stoupáních. Z grafu tedy plyne, že vozidlo při maximálním zatížení, tedy při celkové hmotnosti 25 t, dokáže na rovné komunikaci, u které je součinitel odporu valení 0,015, vyvinout maximální rychlost přibližně 110 km/h a to při zařazeném dvanáctém rychlostním stupni. Pokud pojede při stejných podmínkách do stoupání 4,5 %, pak vyvine rychlost přibližně 67 km/h při zařazeném desátém rychlostním stupni. Pokud pojede při stejných podmínkách do stoupání 6 %, pak vyvine rychlost přibližně 55 km/h při zařazeném devátém rychlostním stupni. Pokud pojede při stejných podmínkách do stoupání 12 %, pak vyvine rychlost přibližně 33 km/h při zařazeném sedmém rychlostním stupni. A pokud pojede při stejných podmínkách do stoupání 100 %, pak vyvine rychlost přibližně 6 km/h při zařazeném prvním rychlostním stupni, ovšem nejen zde již bude hrát velkou roli součinitel adheze

(přilnavosti,prokluzu), který bude určovat prokluz pneumatik při jízdě do stoupání. Křivky odporů nejsou, pro přehlednost, vyneseny v celém rozsahu rychlosti.

Stoupavost vozidla  $s_p$  [%] vzhledem k přilnavosti mezi vozovkou a pneumatikami vyjadřuje rovnice 3.17. Součinitel přilnavosti  $\mu$  mezi povrchem a pneumatikami je různý a pro výpočet je uvažován pro suchý betonový povrch vozovky 0,92<sup>[20]</sup>, pro mokrý asfaltový povrch vozovky 0,5<sup>[19]</sup> a pro strniště 0,8<sup>[20]</sup>. Součinitel odporu valení, který je považován pro rychlosti do 50 km/h konstantní je pro betonový povrch vozovky 0,015<sup>[20]</sup>, pro asfaltový povrch 0,015<sup>[20]</sup> a pro strniště 0,1<sup>[20]</sup>. Hmotnost připadající na hnací nápravu  $G_{HN}$  je níže stanovena na 18721 kg při plně zatížené sklápěcí nástavbě a při celkové hmotnosti vozidla 25000 kg je stoupavost z hlediska přilnavosti mezi vozovkou a pneumatikami:

- pro betonový povrch vozovky  $s_p = 67,4$  %,
- pro mokrý asfaltový povrch vozovky  $s_p = 35,9$  %,
- pro strniště  $s_p = 49,9$  %,

$$s_p = 100 \cdot \left[ \frac{\mu \cdot G_{HN}}{G_c} - f \right]^{[19]} \quad 3.17$$

kde je:

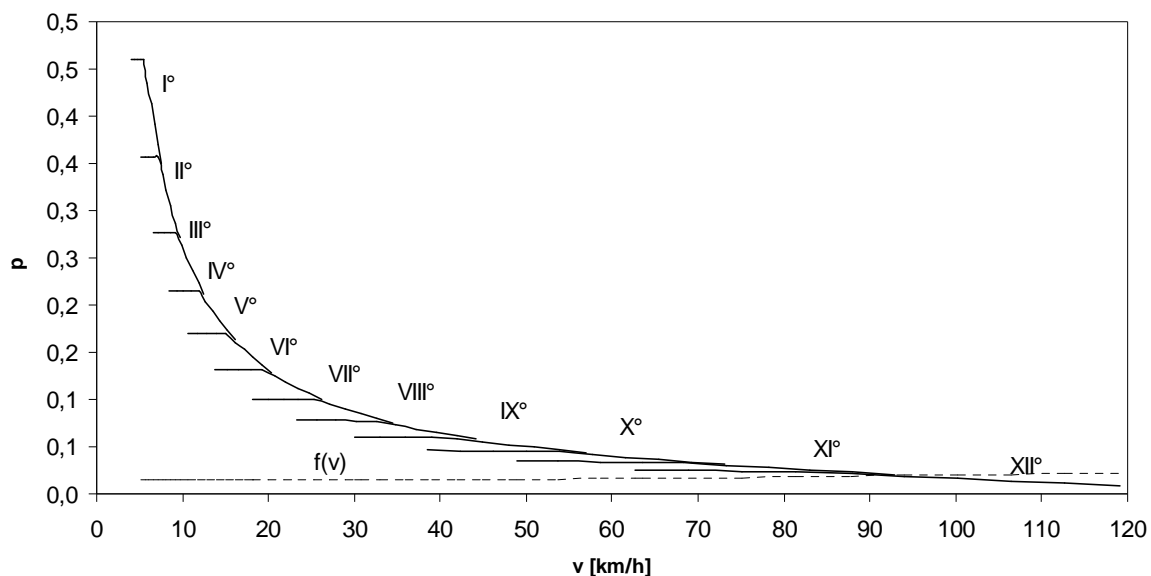
$s_p$	[%]	stoupavost
$\mu$	[-]	součinitel adheze (přilnavosti pneumatiky k povrchu)
$G_{HN}$	[N]	tíhová síla vozidla připadající na hnací nápravu
$G_c$	[N]	celková tíhová síla vozidla (soupravy)

Po určení vybraných dynamických vlastností vozidla o hmotnosti 25 t byly určeny stejným způsobem také dynamické vlastnosti jízdních souprav o celkové hmotnosti 48 t a 43 t.

### 3.2 Dynamické vlastnosti jízdní soupravy o celkové hmotnosti 43 t.

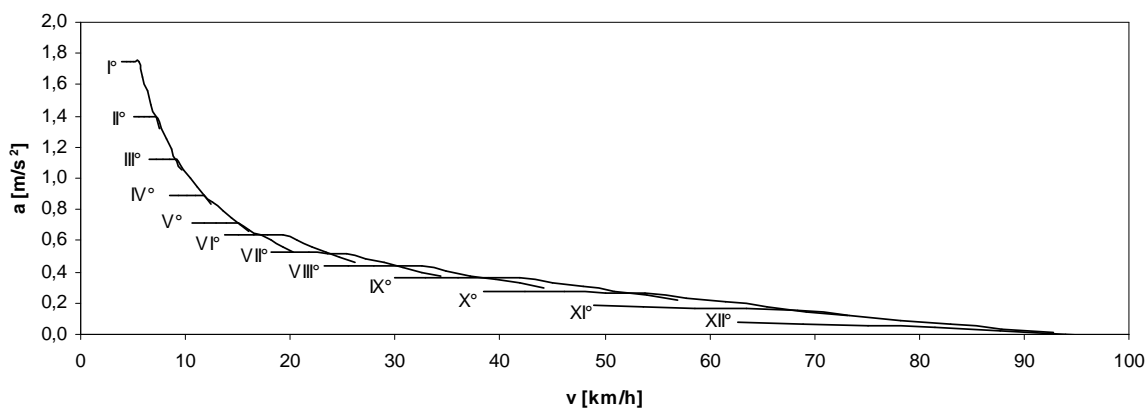
Jízdní souprava o celkové hmotnosti 43 t reprezentuje soupravu nákladního vozidla o celkové hmotnosti 25 t s dvounápravovým přívěsem o celkové hmotnosti 18 t. Na obr. 3.11 je zobrazena charakteristika měrné hnací síly na rychlosti spolu s křivkou součinitele odporu valení, jejíž průsečík s křivkou měrného výkonu udává teoretickou maximální rychlost soupravy, což je v tomto případě 93 km/h. Hodnoty a výpočty potřebné k sestavení této charakteristiky jsou uvedeny v příloze 5. Tato teoretická maximální rychlost, která je

uvedena v tomto případě je dosažena při jízdě s nulovým stoupáním, v bezvětří a na rovné komunikaci se součinitelem odporu valení dosahujícím hodnoty 0,015.



Obr. 3.12: Charakteristika závislosti hnací síly a součinitele odporu valení na rychlosti.

Na obr. 3.13 je znázorněna závislost zrychlení na rychlosti a jako na obr. 3.12 je zde také patrné, že maximální rychlost 93 km/h je dosažena na dvanáctý rychlostní stupeň. Data pro vytvoření grafu jsou uvedena v příloze 5.

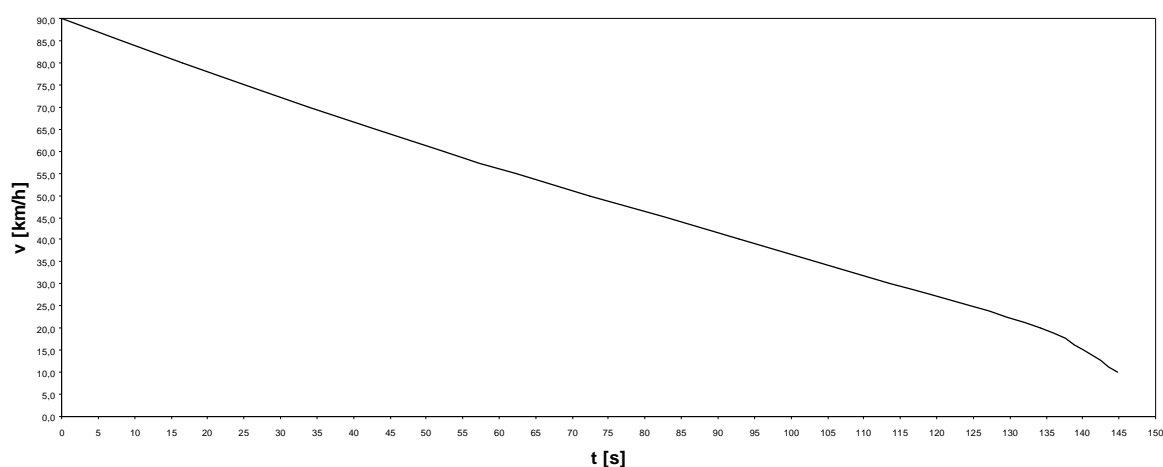


Obr. 3.13: Charakteristika závislosti zrychlení na rychlosti.

V tab. 3.6 jsou uvedeny hodnoty doběhu vozidla, které jsou nutné pro určení charakteristiky doběhu jízdní soupravy  $v(t)$  o hmotnosti 43 t, která je uvedena na obr. 3.14. Hodnoty v tab. 3.6 byly určeny stejně jako u zjišťování doběhu vozidla o celkové hmotnosti 25 t. Hodnoty v tab. 3.6 jsou určeny od rychlosti 90 km/h po rychlost 5 km/h, přestože maximální povolená rychlost je pro provoz motorových vozidel nad 3,5 t (mimo autobusy) stanovena na 80 km/h (zákon č. 361/2000 Sb.). Charakteristika doběhu vozidla je nutná pro určení hodnot poklesů rychlosti při řazení, které jsou potřeba při určení charakteristiky závislosti rychlosti na čase při rozjezdu vozidla  $v(t)$ .

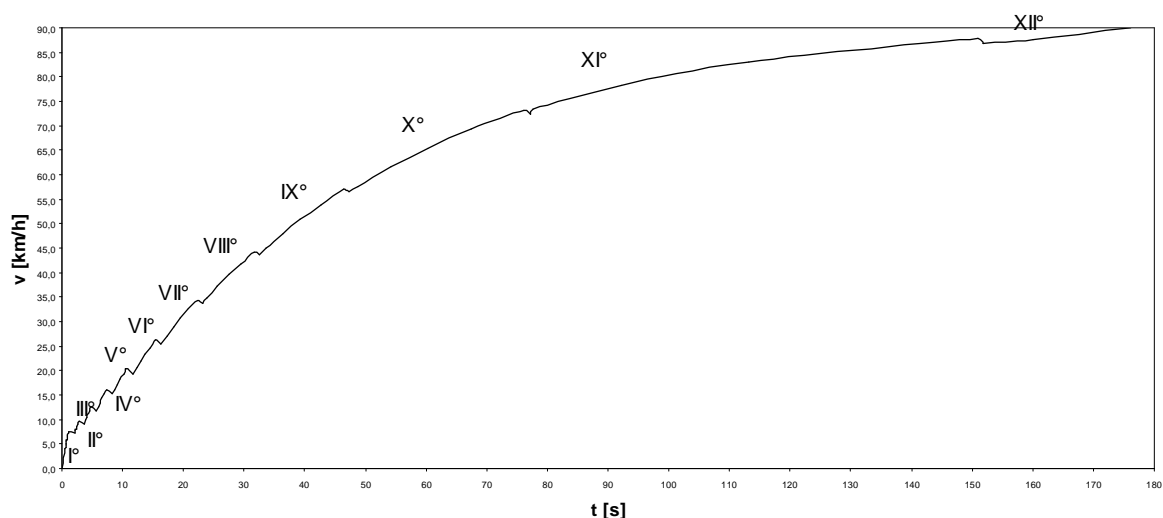
Tab. 3.6: Hodnoty výpočtů pro určení doběhu jízdní soupravy

$v$ [km/h]	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
$v$ [m/s]	25,00	22,22	19,44	16,67	13,89	11,11	8,33	5,56	2,78	1,39
$O_v$ [N]	253,1	200,0	153,1	112,5	78,1	50,0	28,1	12,5	3,1	0,8
$o_v$ [-]	0,0006	0,0005	0,0004	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
$f$ [-]	0,0189	0,0179	0,0170	0,0160	0,0150	0,0150	0,0150	0,0150	1,0150	2,0150
$b$ [m/s <sup>2</sup> ]	0,174	0,164	0,154	0,145	0,135	0,135	0,134	0,134	9,052	17,970
$1/b$ [s <sup>2</sup> /m]	5,750	6,094	6,477	6,904	7,384	7,417	7,442	7,461	0,110	0,056
$\Delta t$ [s]	0,000	16,451	17,460	18,584	19,845	20,557	20,638	20,698	10,515	0,115
$t$ [s]	0,0	16,5	33,9	52,5	72,3	92,9	113,5	134,2	144,7	144,9



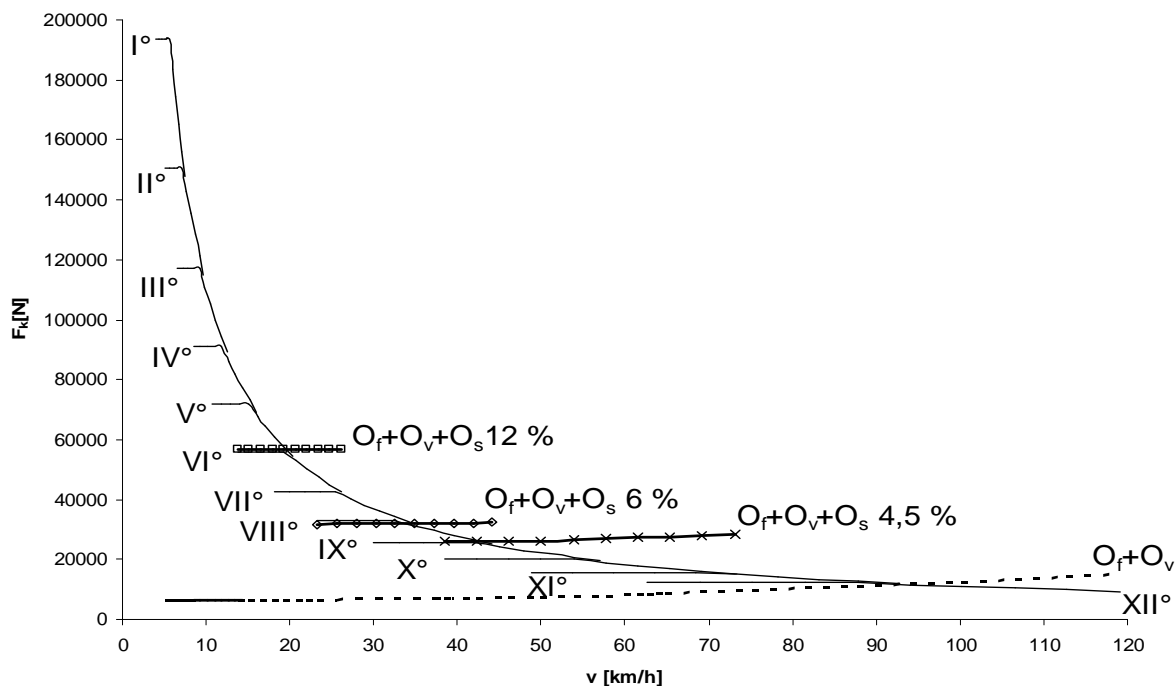
Obr. 3.14: Charakteristika doběhu jízdní soupravy o celkové hmotnosti 43 t.

Pomocí charakteristiky doběhu jízdní soupravy o celkové hmotnosti 43 t byla vytvořena příloha 6, při které byl použit stejný postup jako při vytvoření přílohy 3. Z přílohy 6 byla vytvořena charakteristika vyjadřující zrychlení jízdní soupravy o celkové hmotnosti 43 t, která je uvedena na obr. 3.15.



Obr. 3.15: Charakteristika rychlosti j.s. (43 t) na čase.

Následně je pro jízdní soupravu o celkové hmotnosti 43 t určena stoupavost, kterou lze určit z charakteristiky hnací síly na rychlosti, která je doplněna o křivky odporů. Charakteristika byla určena obdobně jako u nákladního automobilu o celkové hmotnosti 25 t a je uvedena na obr. 3.16. Hodnoty pro vytvoření této charakteristiky jsou uvedeny v příloze 7.



Obr. 3.16: Charakteristika závislosti hnací síly a vybraných odporů na rychlosti.

Z charakteristiky je zřejmé, že rychlost soupravy při maximálním zatížení (43 t), na rovné komunikaci s nulovým sklonem, u které je součinitel odporu valení 0,015, je přibližně 93 km/h a to při zařazeném dvanáctém rychlostním stupni. Pokud pojede při stejných podmínkách do stoupání 4,5 %, pak vyvine rychlost přibližně 43 km/h při zařazeném devátém rychlostním stupni. Pokud pojede při stejných podmínkách do stoupání 6 %, pak vyvine rychlost přibližně 34 km/h při zařazeném sedmém rychlostním stupni. Pokud pojede při stejných podmínkách do stoupání 12 %, pak vyvine rychlost přibližně 20 km/h při zařazeném pátém rychlostním stupni a do stoupání 100 % nevyjede, jelikož nevyvine potřebnou hnací sílu na kolech ani při zařazeném prvním rychlostním stupni.

Stoupavost vozidla  $s_p$  [%] vzhledem k přilnavosti mezi vozovkou a pneumatikami vyjadřuje rovnice 3.17. Je počítáno s podmínkami stejnými jako pro samotné nákladní vozidlo. Hmotnost připadající na hnací nápravy  $G_{HN}$  je níže stanovena na 18721 kg při plně zatížené sklápěcí nástavbě a při celkové hmotnosti vozidla 43000 kg je stoupavost z hlediska přilnavosti mezi vozovkou a pneumatikami:

- pro betonový povrch vozovky  $s_p = 38,6$  %,

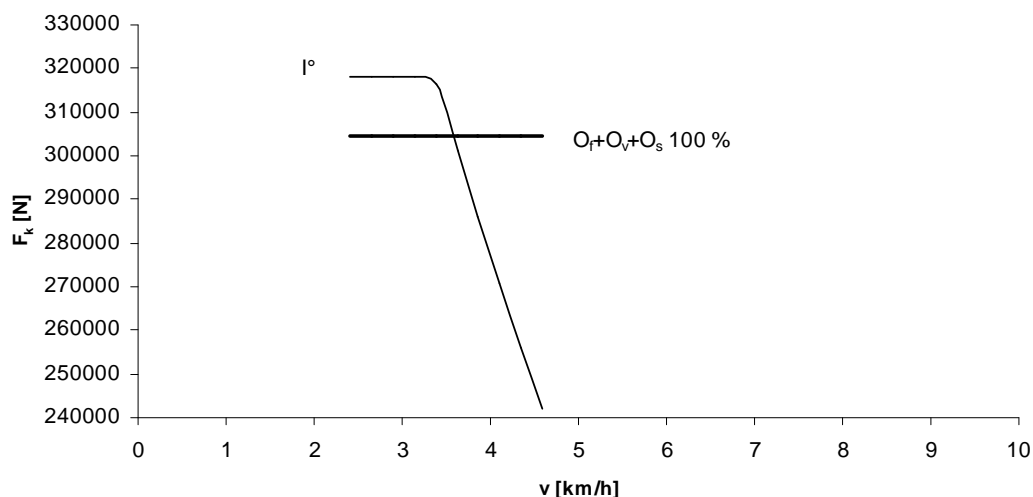
- pro mokrý asfaltový povrch vozovky  $s_p = 20,3 \%$ ,
- pro strniště  $s_p = 24,8 \%$ .

Pokud by vozidlo bylo vybaveno redukční převodovkou, tzn. mělo by přední nápravu hnanou klasicky z rozdělovací převodovky vybavené redukčním převodem (MAN G 173) o hodnotě  $i = 1,652$ , pak by průběh hodnoty  $F_k(v)$  a součet hodnot odporů  $O_f$ ,  $O_s$  a  $O_v$  na rychlosti při stoupání o hodnotě 100 % odpovídaly grafu na obr. 3.17 sestrojeného z hodnot v tab. 3.7. Výsledkem je, že j.s. by do 100 % stoupání za daných podmínek vyjela, ovšem za předpokladu, že se j.s. pohybuje jen po komunikacích, je tato vlastnost nadstandardní a v praxi nevyužitelná.

Tab. 3.7: Hodnoty potřebné k určení stoupavosti na redukováný  $I^\circ$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n [1/s]$	16,67	18,33	20,00	21,67	23,33	25,00	26,67	28,33	30,00	31,67
$n [1/min]$	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
$M_t [Nm]$	2100	2100	2100	2100	2100	1990	1890	1790	1690	1600
$i_1 = 12,33$		$i_0 = 6,608$		$\eta = 0,97$		$r = 0,522 \text{ m}$		$I^\circ$		
$F_k [N]$	317946	317946	317946	317946	317946	301292	286152	271011	255871	242245
$v [m/s]$	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09
$v [km/h]$	3,96	4,36	4,75	5,15	5,55	5,94	6,34	6,74	7,13	7,53
$O_v [N]$	6	8	9	11	12	14	16	18	21	23
$O_f [N]$	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327
$O_f + O_v [N]$	6334	6335	6337	6338	6340	6342	6344	6346	6348	6350
100 % (*)	304610	304611	304613	304614	304616	304618	304620	304622	304624	304626
$f [-]$	0,015									

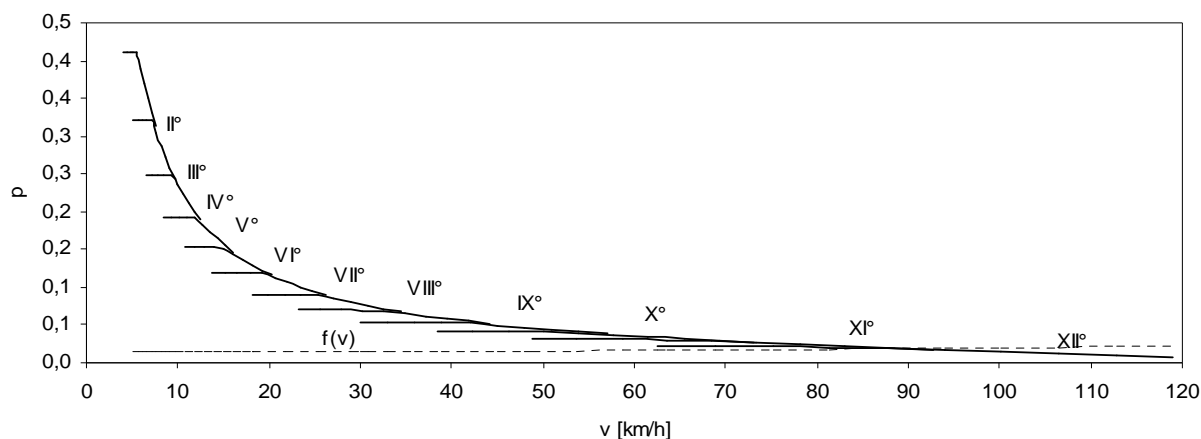
(\*) Hodnoty součtu odporů  $O_f$ ,  $O_s$  a  $O_v$  při stoupání o hodnotě 100 %.



Obr. 3.17: Charakteristika závislosti hnací síly a vybraných odporů na rychlosti pro j.s (43 t).

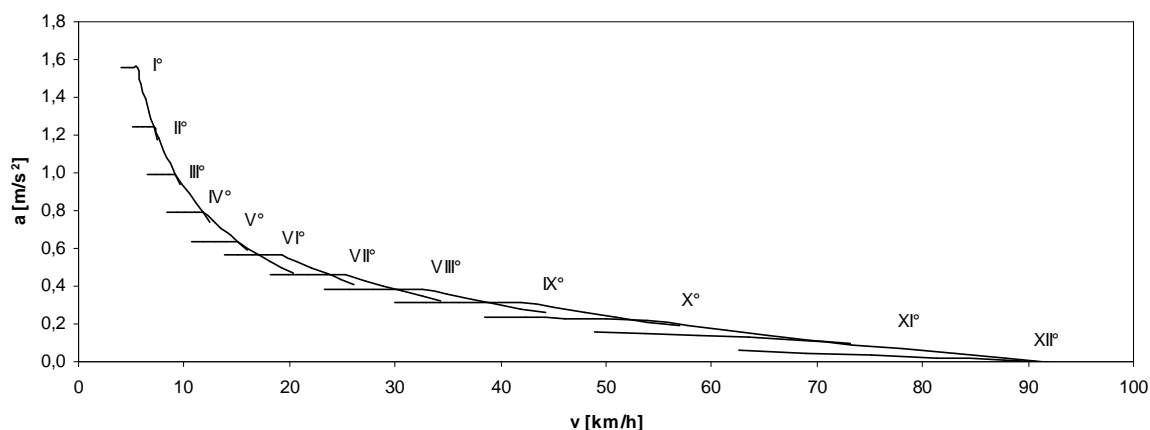
### 3.3 Dynamické vlastnosti jízdní soupravy o celkové hmotnosti 48 t.

Jízdní souprava o celkové hmotnosti 48 t reprezentuje soupravu nákladního vozidla o celkové hmotnosti 25 t s přívěsem o celkové hmotnosti 23 t. Tato hmotnost je příliš vysoká pro dvouosý přívěs (dle vyhlášky č. 341/2002 Sb. je to maximálně 18 t) a nedostatečná pro tříosý přívěs (dle vyhlášky č. 341/2002 Sb. je to maximálně 24 t), u kterého je ubrána 1 t užitečné hmotnosti při stejné vlastní váze přívěsu. Možnost vytvoření této soupravy není neobvyklá ani v zemědělské praxi, proto jsou vybrané dynamické vlastnosti zkoumány. Na obr. 3.18 je zobrazena charakteristika měrné hnací síly na rychlosti spolu s křivkou součinitele odporu valení, jejíž průsečík s křivkou měrného výkonu udává teoretickou maximální rychlost soupravy, což je v tomto případě 88 km/h. Hodnoty a výpočty potřebné k sestavení této charakteristiky jsou uvedeny v příloze 8. Tato teoretická maximální rychlost, která je uvedena v tomto případě je dosažena při jízdě s nulovým stoupáním, v bezvětrí a na rovné komunikaci se součinitelem odporu valení dosahujícím hodnoty 0,015.



Obr. 3.18: Charakteristika závislosti hnací síly a součinitele odporu valení na rychlosti.

Na obr. 3.19 je znázorněna závislost zrychlení na rychlosti a jako na obr. 3.18 je zde také patrné, že maximální rychlost 88 km/h je dosažena na dvanáctý rychlostní stupeň. Data pro vytvoření grafu jsou uvedena v příloze 8.

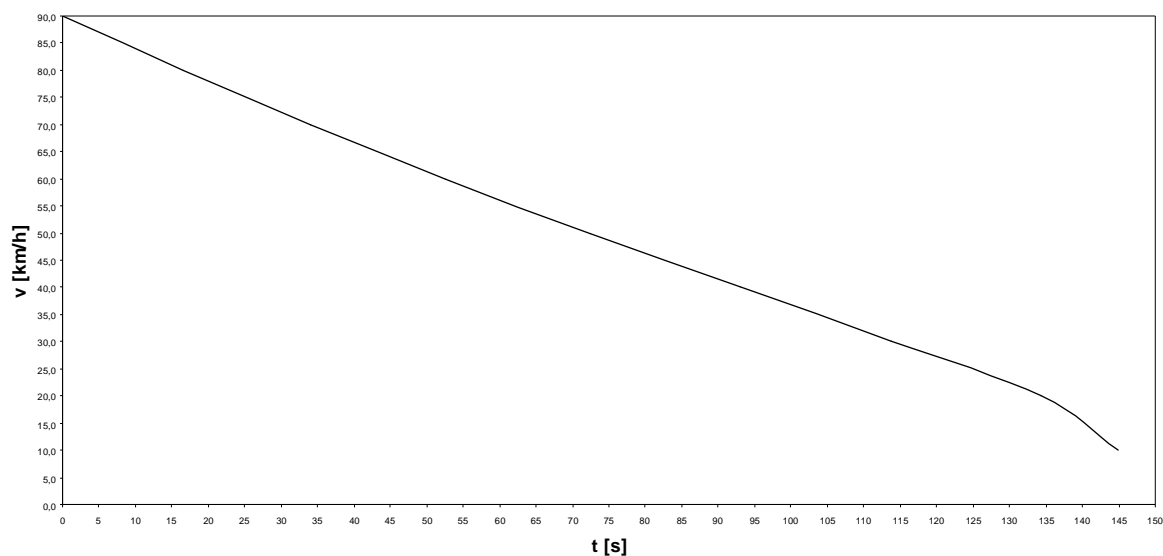


Obr. 3.19: Charakteristika závislosti zrychlení na rychlosti.

V tab. 3.8 jsou uvedeny hodnoty doběhu vozidla, které jsou nutné pro určení charakteristiky doběhu jízdní soupravy  $v(t)$  o hmotnosti 43 t, která je uvedena na obr. 3.20. Hodnoty v tabulce byly určeny stejně jako u zjišťování doběhu vozidla o celkové hmotnosti 25 t. Hodnoty v tabulce jsou určeny od rychlosti 90 km/h po rychlost 5 km/h, přestože maximální povolená rychlost je pro provoz motorových vozidel nad 3,5 t (mimo autobusy) stanovena na 80 km/h (zákon č. 361/2000 Sb.). Charakteristika doběhu vozidla je nutná pro určení hodnot poklesů rychlosti při řazení, které jsou potřeba při určení charakteristiky závislosti rychlosti na čase při rozjezdu vozidla  $v(t)$ .

Tab. 3.8: Hodnoty výpočtů pro určení doběhu jízdní soupravy

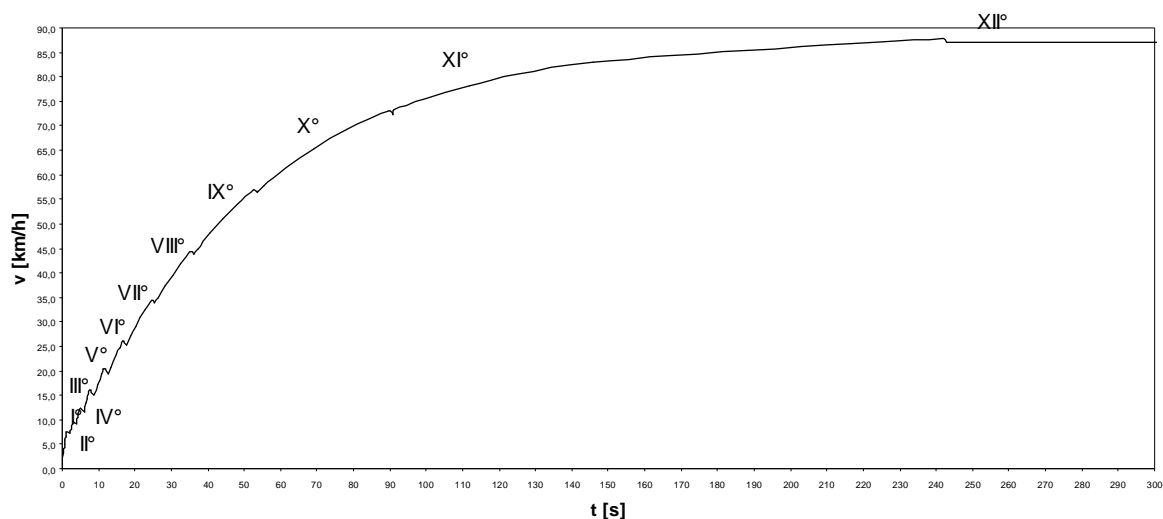
$v$ [km/h]	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
$v$ [m/s]	25,00	22,22	19,44	16,67	13,89	11,11	8,33	5,56	2,78	1,39
$O_v$ [N]	253,1	200,0	153,1	112,5	78,1	50,0	28,1	12,5	3,1	0,8
$o_v$ [-]	0,0005	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
$f$ [-]	0,0189	0,0179	0,0170	0,0160	0,0150	0,0150	0,0150	0,0150	1,0150	2,0150
$b$ [m/s <sup>2</sup> ]	0,173	0,164	0,154	0,145	0,135	0,135	0,134	0,134	9,052	17,970
$1/b$ [s <sup>2</sup> /m]	5,769	6,111	6,491	6,916	7,394	7,423	7,446	7,462	0,110	0,056
$\Delta t$ [s]	0,000	16,499	17,502	18,620	19,874	20,578	20,651	20,705	10,518	0,115
$t$ [s]	0,0	16,5	34,0	52,6	72,5	93,1	113,7	134,4	144,9	145,1



Obr. 3.20: Charakteristika doběhu jízdní soupravy o celkové hmotnosti 48 t.

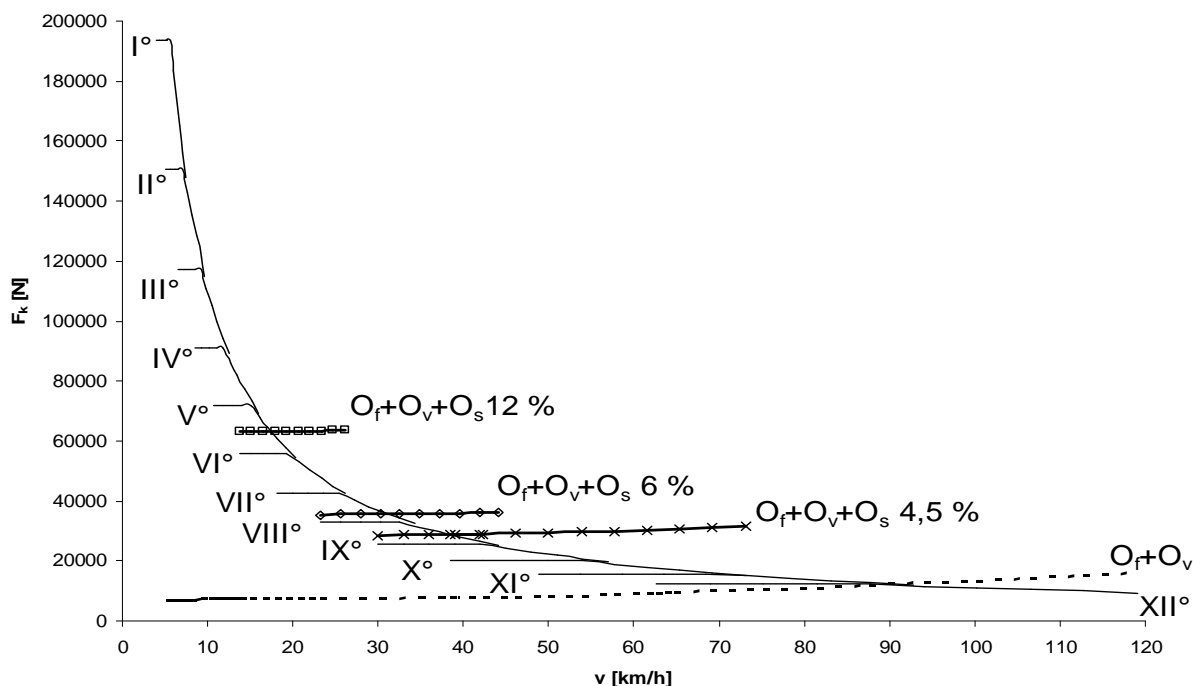
Pomocí charakteristiky doběhu jízdní soupravy o celkové hmotnosti 48 t byla vytvořena příloha 9, při které byl použit stejný postup jako při vytvoření přílohy 3. Z přílohy 9 byla vytvořena charakteristika vyjadřující zrychlení jízdní soupravy o celkové hmotnosti 48 t, která je uvedena na obr. 3.21.





Obr. 3.21: Charakteristika rychlosti j.s. (48 t) na čase.

Následně je pro jízdní soupravu o celkové hmotnosti 48 t určena stoupavost, kterou lze určit z charakteristiky hnací síly na rychlosti, která je doplněna o křivky odporů. Charakteristika byla určena obdobně jako u nákladního automobilu o celkové hmotnosti 25 t a je uvedena na obr. 3.22. Hodnoty pro vytvoření této charakteristiky jsou uvedeny v příloze 10.



Obr. 3.22: Charakteristika závislosti hnací síly a vybraných odporů na rychlosti.

Z charakteristiky na obr. 3.22 je zřejmé, že rychlost soupravy při maximálním zatížení (48 t), na rovné komunikaci s nulovým sklonem, u které je součinitel odporu valení 0,015, je přibližně 88 km/h a to při zařazeném dvanáctém rychlostním stupni. Pokud pojedje při stejných podmínkách do stoupání 4,5 %, pak vyvine rychlost přibližně 38 km/h při zařazeném

devátém rychlostním stupni. Pokud pojede při stejných podmínkách do stoupání 6 %, pak vyvine rychlost přibližně 31 km/h při zařazeném sedmém rychlostním stupni. Pokud pojede při stejných podmínkách do stoupání 12 %, pak vyvine rychlost přibližně 18 km/h při zařazeném pátém rychlostním stupni a do stoupání 100 % nevyjede, jelikož nevyvine potřebnou hnací sílu na kolech ani při zařazeném prvním rychlostním stupni.

Stoupavost vozidla  $s_p$  [%] vzhledem k přilnavosti mezi vozovkou a pneumatikami vyjadřuje rovnice 3.17. Je počítáno s podmínkami stejnými jako pro samotné nákladní vozidlo. Hmotnost připadající na hnací nápravu  $G_{HN}$  je níže stanovena na 18721 kg při plně zatížené sklápěcí nástavbě a při celkové hmotnosti vozidla 48000 kg je stoupavost z hlediska přilnavosti mezi vozovkou a pneumatikami:

- pro betonový povrch vozovky  $s_p = 34,4$  %,
- pro mokrý asfaltový povrch vozovky  $s_p = 18,0$  %,
- pro strniště  $s_p = 21,2$  %.

Pokud by vozidlo bylo vybaveno redukční převodovkou, tzn. mělo by přední nápravu hnanou klasicky z rozdělovací převodovky vybavené redukčním převodem (MAN G 173) o hodnotě  $i = 1,652$ , pak by hodnoty  $F_k(v)$  a součet hodnot odporů  $O_f$ ,  $O_s$  a  $O_v$  při stoupání o hodnotě 100 % odpovídaly hodnotám v tabulce 3.9. Při porovnání hodnot v řádcích pro  $F_k$  a 100 %, což reprezentuje hodnoty součtu odporů  $O_f$ ,  $O_s$  a  $O_v$  při stoupání o hodnotě 100 % lze konstatovat, že jízdní souprava o celkové hmotnosti 48 t není schopna vyjet 100 % stoupání.

Tab. 3.9: Hodnoty potřebné k určení stoupavosti na redukovaný  $l^\circ$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n$ [1/s]	16,67	18,33	20,00	21,67	23,33	25,00	26,67	28,33	30,00	31,67
$n$ [1/min]	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
$M_t$ [Nm]	2100	2100	2100	2100	2100	1990	1890	1790	1690	1600
$i_l = 12,33 \quad i_0 = 6,608 \quad \eta = 0,97 \quad r = 0,522 \text{ m} \quad l^\circ$										
$F_k$ [N]	317946	317946	317946	317946	317946	301292	286152	271011	255871	242245
$v$ [m/s]	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09
$v$ [km/h]	3,96	4,36	4,75	5,15	5,55	5,94	6,34	6,74	7,13	7,53
100 % (*)	340029	340030	340032	340033	340035	340037	340039	340041	340043	340045
$f$ [-]	0,015									

(\*) Hodnoty součtu odporů  $O_f$ ,  $O_s$  a  $O_v$  při stoupání o hodnotě 100 %.

### 3.4 Návrh vozidla.

Jelikož byly pro vozidlo voleny převážně komponenty firmy MAN, bude se návrh rámu opět zabývat vhodností výběru rámu z nabídky firmy MAN. Nákladní vozidla MAN kategorie N<sub>3</sub> mají žebřinový rám. U těchto rámu se provádí pouze kontrola podélníků rámu a počítají se na ohyb při působení statických sil. Průřezy podélníků se navrhují podle momentového obrazce, kde se určí nebezpečný průřez a v tomto průřezu se provede kontrolní výpočet. Podélníkem se uvažuje nosník na 3 podpěrách, které jsou umístěné v osách středů kol náprav. Na takový to nosník působí jednak osamělé síly jednotlivých skupin, podskupin a dílů a dalších věcí umístěných na rámu a dále působí spojitě zatížení v místě nástavby. Pro výpočet podélníku se uvažuje pouze polovičním zatížením silami agregátů, jelikož je kontrola prováděna na jednom podélníku.

Před vlastním výpočtem je nutné provést určení zatěžujících sil. Jelikož jsou vozidla vybavována různým příslušenstvím, je pro zjednodušení počítáno s hlavními zatěžujícími silami působícími na rám vozidla.

#### 3.4.1 Kontrola přetížení náprav.

Při projektování nástavby nesmí dojít k jednostrannému přetížení náprav. Přípustný rozdíl zatížení kol nápravy jsou maximálně 4 %, přitom hodnota 100 % je skutečné zatížení nápravy a ne přípustné zatížení nápravy. Pro koncept byly vybrány nápravy:

- přední náprava MAN VP-09 s max. zatížením  $G_{\max}$  88 290 N (9 t) a vlastní vahou 738 kg,
- první zadní náprava MAN HP1353 s max. zatížením  $G_{\max}$  127 530 N (13 t) a vlastní vahou 804 kg,
- druhá zadní náprava MAN NO-08 s max. zatížením  $G_{\max}$  80 442 N (8,2 t) a vlastní vahou 407 kg.

Z těchto parametrů vyplývá, že rozdíl zatížení  $\Delta G$  nesmí překročit, podle rovnice 3.16, u přední nápravy 4 415 N (450 kg), u první zadní nápravy 6 377 N (650 kg) a u druhé zadní nápravy 4 023 N (410 kg).

$$\Delta G \leq 0,05 \cdot G_{\max} \quad [N]^{[19]} \quad 3.16$$

kde je:

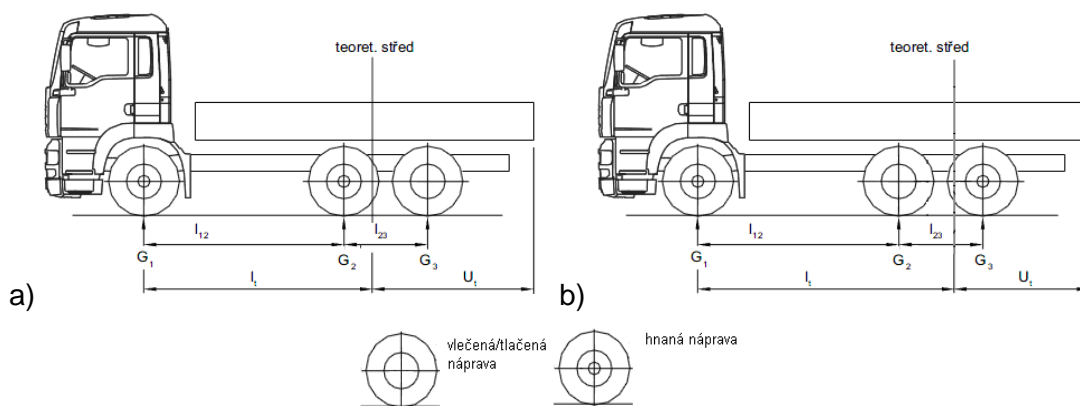
$\Delta G$  [N]      rozdíl zatížení na nápravy  
 $G_{\max}$  [N]      maximální zatížení nápravy

### 3.4.2 Minimální zatížení přední nápravy.

Aby zůstala zachována řiditelnost vozidla, je nutné zachovat minimální zatížení přední nápravy v každém stavu naložení vozidla. Výrobce MAN udává u třínápravového vozidla s celkovou hmotností převyšující 19 t spojeného s přívěsem s pevnou ojí a centrálními nápravami s celkovou hmotností rovnou nebo menší 18 t, aby minimální zatížení přední nápravy vozidla bylo 25 % skutečné hmotnosti vozidla, což je, při maximální přípustné hmotnosti vozidla 25 t, váha 6,25 t připadající na přední nápravu. Pokud by bylo toto vozidlo tvořilo soupravu s přívěsem s pevnou ojí a centrálními nápravami s celkovou hmotností větší než 18 t, muselo by být zatížení přední nápravy 30 % skutečné hmotnosti vozidla, což je, při maximální přípustné hmotnosti vozidla 25 t, váha 7,5 t připadající na přední nápravu.

### 3.4.3 Teoretický přesah, teoretický rozvor, maximální vzdálenost zadního uložení nástavby od teoretického středu zadních náprav.

Man, pro vozidla o třech a více nápravách, stanovuje teoretický přesah, což je vzdálenost daná teoretickým středem mezi zadními nápravami a koncem vozidla (včetně nástavby), na hodnotu o velikosti 70 % teoretického rozvoru kol, přičemž musí být dodrženo pravidlo o minimálním zatížení přední nápravy. Teoretický rozvor kol je pomocná veličina pro určení polohy těžiště zatížení náprav.



Obr. 3.23: Teoretický rozvor kol a přesah třínápravového vozidla s nestejným zatížením ZP.

Teoretický rozvor je určen z rovnice 3.17, kde  $l_{12}$  je vzdálenost středů přední a první zadní nápravy,  $l_{23}$  je vzdálenost mezi středem první zadní a druhé zadní nápravy,  $G_1$  (9 t),  $G_2$  (13 t) a  $G_3$  (8,2 t) jsou maximální možné zatížení náprav. Rozvor  $l_{12}$  se musí určit s ohledem na velikosti uvažovaných nástaveb. Z kapitoly 2 a 3 vzešly požadavky na nástavby, jejichž parametry jsou uvedeny v tab. 3.10. Na základě těchto rozměrů a rozvorů daných výrobcem byl stanoven rozvor  $l_{12}$  na 3 900 mm a dílčí rozvor je  $l_{23}$  1 350 mm. Při známém maximálním zatížení náprav je teoretický rozvor kol ( $l_t$ ) roven 4 422 mm. Z rozvoru lze určit přípustný

teoretický přesah podle rovnice 3.18 na hodnotu 3 095 mm nebo menší. Tato situace je viditelná na obr. 3.23 a).

$$l_t = l_{12} + \frac{G_3 \cdot l_{23}}{G_2 + G_3} [mm]^{[19]} \quad 3.17$$

kde je:

$l_t$	[mm]	teoretický rozvor vozidla
$G_3$	[N]	tíhová síla připadající na třetí nápravu
$G_2$	[N]	tíhová síla připadající na druhou nápravu
$l_{23}$	[mm]	dílčí rozvor (vzdálenost mezi středy zadních náprav vozidla)

$$U_t \leq 0,7 \cdot l_t [mm]^{[19]} \quad 3.18$$

kde je:

$U_t$	[mm]	délka přesahu (vzdálenost od teoretického středu po konec vozidla)
-------	------	--

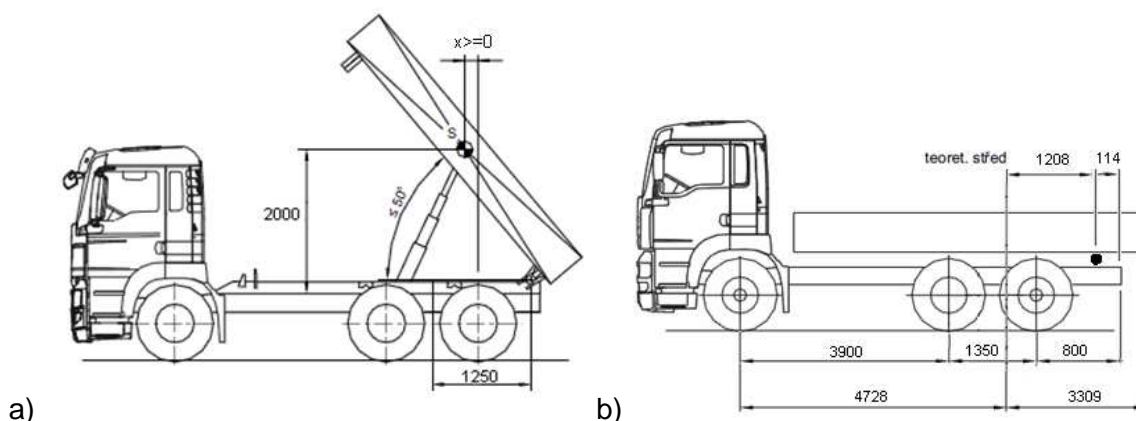
Další možností je uspořádání náprav dle obr. 3.23 b). V tomto případě budou rozměry rozvorů  $l_{12}$  a  $l_{23}$  shodné a maximální možné zatížení náprav jsou  $G_1$  (9 t),  $G_2$  (8,2 t) a  $G_3$  (13 t). Pak je teoretický rozvor kol roven 4 728 mm a přípustný teoretický přesah je 3309 mm nebo menší.

Volbu mezi těmito dvěma variantami vyřeší další nutný požadavek. Výrobce MAN stanovuje nutnost vybavení vozidla pomocným rámem, pokud bude používáno jako sklápěč. Na tento pomocný rám se umísťuje uložení nástavby. Aby nemusel být rám vozidla specificky upraven, musí být splněny následující podmínky. Při sklápění nástavby dozadu a do strany, nesmí být překročen sklopný úhel 50°. Umístění zadního uložení nástavby maximálně 1 250 mm za teoretický střed zadní nápravy. Výška těžiště sklopného můstku s užitečným zatížením nesmí při procesu sklápění překročit výšku 2 000 mm. Vše je znázorněno na obr. 3.24 a).

Tab. 3.10: Vybrané parametry vybraných nástaveb.

Název	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Hmotnost [kg]
Rozmetadlo RM 16	6760	2500	1538	12	3950
Cisterna fekální *	5405	2500	2000	12	3300
Korba sklápěcí *	5000	2500	1470	18	1800
Uložení nástaveb dle RM 16: 3135x2000x114, ROZVOR x ŠÍŘKA x VZDÁLENOST ZADNÍHO ULOŽENÍ OD KONCE RÁMU <sup>[8]</sup>					

\* Přibližné hodnoty dle <sup>[9, 21]</sup>



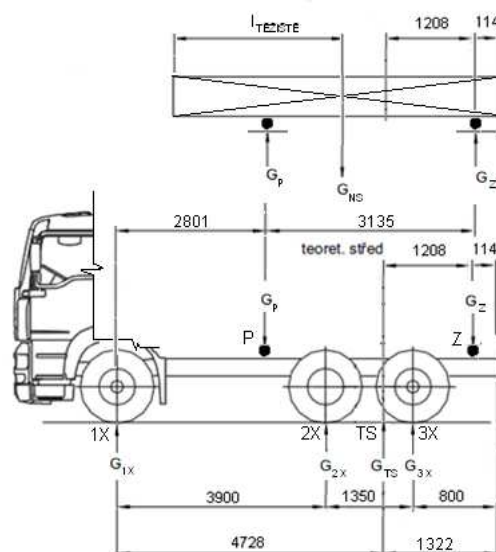
Obr. 3.24: a) Vzdálenost maximální výšky těžiště nástavby a zadního naklápěcího ložiska.  
b) Vybrané rozměry nákladního automobilu.

Jelikož je nutné, kvůli nástavby - rozmetadla RM 16, umístit zadní uložení nástavby (zadní naklápěcí ložisko) do vzdálenosti 114 mm od konce rámu, pak podmínku nepřekročení vzdálenosti 1 250 mm splňuje pouze vozidlo s první zadní nápravou zvedací, tlačnou a druhou nápravou hnací, znázorněné na obr. 3.23 b) a to hodnotou 1 208 mm od teoretického středu zadních náprav. Při uspořádání zadní dvojnápravy první hnací a druhá tažená, zvedací (obr. 3.23 a)) je vzdálenost zadního uložení nástavby a teoretického středu zadní dvojnápravy na hodnotě 1 514 mm a tato hodnota je nepřijatelná, jelikož překračuje hodnotu 1 250 mm.

### 3.4.4 Sklápěcí nástavba.

Pomocí výše uvedené tab. 3.10 lze určit výsledné zatížení náprav, a tak provést kontrolu na povolené zatížení náprav dle vyhlášky č. 341/2002 Sb.. Jako první bod je nutné stanovit zatížení, připadající na uložení nástaveb na rámu. Kapacity nástaveb jsou plně využity, proto je jejich těžiště určeno pomocí vnějších rozměrů a užitečné hmotnosti vozidla (rozdíl nejvyšší povolené hmotnosti vozidla a provozní hmotnosti). Pro koncept byla vybrána sklápěcí nástavba firmy Glocar, která se vyznačuje celohliníkovou konstrukcí (pro verzi S1) a proti ocelovým nástavbám má výhodu nižší hmotnosti (1 800 kg versus 2 400 kg<sup>[22]</sup>) při podobných ložných objemech (18 m<sup>3</sup> versus 16,5 m<sup>3</sup><sup>[22]</sup>). Je vhodné vybavit čelo nástavby průhlednou plochou, aby obsluha měla možnost kontroly. Také je nutné vybavit nástavbu systémem uchycení nástavků zvyšujících objem korby při přepravě nízkoobjemových materiálů. Vzhledem k celkové výšce nákladního automobilu 3 060 mm a s vědomím, že sklápěcí nástavba nepřevyšuje výšku nákladního automobilu lze určit výšku nástavků na 900 mm při nepřekročení povolené výšky dle vyhlášky č. 341/2002 Sb. a tato výška nástavků je v zemědělské praxi běžná. Při objemové hmotnosti volně ložených píce v rozmezí 60 až 320 kg/m<sup>3</sup> a objemu nástavby s nástavky 30 m<sup>3</sup> bude maximální hmotnost nákladu 9 600 kg což znamená, že ani při 100 % využití ložného prostoru nástavby nebude využita užitečná

hmotnost vozidla. Výpočet zatížení náprav při využití užitečné hmotnosti vozidla s plně loženou nástavbou bez nástavků vychází z obr. 3.25.



Obr. 3.25: Vybrané rozměry vozidla.

Rozměry vozidla a teoretického středu zadních náprav jsou již určeny. Posledním rozměrem nutným ke zjištění tíhového působení nástavby na vozidlo je vzdálenost těžiště od konce nástavby ( $l_{\text{TĚŽIŠTĚ}}$ ) a ta je určena z vnějších rozměrů nástavby a její hmotnosti při plném využití její kapacity. Pro sklápěcí nástavbu, při rozměrech nástavby uvedených v tab. 3.10 a hmotnosti plně ložené nástavby, což je 15 263 kg, působí nástavba tíhou  $G_{NS}$  o hodnotě 149 730 N (součin hmotnosti a gravitačního zrychlení, které je rovno  $9,81 \text{ m/s}^2$ ) a tato hodnota je rozložena do míst uložení nástavby, které působí proti této síle hodnotami  $G_p = 113 957 \text{ N}$  a  $G_z = 35 773 \text{ N}$ . Postup výpočtu reprezentují rovnice 3.19, 3.20.

$$\begin{aligned} \sum M_p = 0: \quad & 3135 \cdot G_z - 749 \cdot G_{NS} = 0 \\ & G_z = \frac{749 \cdot G_{NS}}{3135} \\ & G_z = 35773 \text{ [N]} \end{aligned} \quad 3.19$$

$$G_p = G_{NS} - G_z = 149730 - 35773 = 113957 \text{ [N]} \quad 3.20$$

kde je:

$G_p$	[N]	tíha nástavby v bodě předního uložení nástavby
$G_z$	[N]	tíha nástavby v bodě zadního uložení nástavby
$G_{NS}$	[N]	tíha nástavby

Proti silám  $G_p$  a  $G_z$ , které v tomto kroku působí opačným směrem než v rovnicích 3.19 a 3.20, působí síla ve svislé ose procházející středem přední nápravy  $G_{1X}$  a síla  $G_{TS}$  procházející ve svislé ose teoretického středu zadních náprav. Tyto síly jsou z rovnic 3.21 a 3.22 rovny  $G_{1X} = 37305 \text{ N}$  a  $G_{TS} = 112425 \text{ N}$ .

$$\begin{aligned}\sum M_{1X} = 0: \quad & 4728 \cdot G_{TS} - 2801 \cdot G_P - 5936 \cdot G_Z = 0 \\ G_{TS} = & \frac{2801 \cdot G_P + 5936 \cdot G_Z}{4728} \\ G_{TS} = & 112425 \text{ [N]}\end{aligned}\tag{3.21}$$

$$G_{1X} = G_{NS} - G_{TS} = 149730 - 112425 = 37305 \text{ [N]}\tag{3.22}$$

kde je:

$G_{TS}$  [N] tíha nástavby v bodě teoretického středu zadních náprav

$G_{1X}$  [N] tíha nástavby na střed přední nápravy

Nyní jsou známy reakce na přední nápravě a teoretickém středu zadních náprav, které vyvoluje nástavba vozidla. Reakce v těchto místech, oproti rovnicím 3.21 a 3.22, působí opačným směrem. K silám  $G_{1X}$  a  $G_{TS}$  je nutné přičíst síly, kterými působí vlastní hmotnost vozidla na přední nápravu  $G_1$  a teoretický střed zadních náprav  $G_{TSV}$ . Tyto síly jsou rovny hmotnostem připadajícím na přední nápravu ( $4\,960 \text{ kg}^{[23, 24]}$ ) a teoretickému středu náprav ( $4\,777 \text{ kg}^{[23, 24]}$ ) v součinu s gravitačním zrychlením ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ). Celková síla působící na přední nápravu je rovna hodnotě  $85\,963 \text{ N}$ , což je hmotnost  $8\,763 \text{ kg}$  (rovnice 3.23) připadající na přední nápravu. Celková síla působící na teoretický střed zadních náprav je rovna hodnotě  $159\,287 \text{ N}$ , což je hmotnost  $16\,237 \text{ kg}$  (rovnice 3.24) připadající na teoretický střed zadních náprav.

Hmotnost na přední nápravě:

$$\begin{aligned}G_{PN} &= G_{1X} + G_1 = G_{1X} + (m_1 \cdot g) = 37305 + (4960 \cdot 9,81) = 85963 \text{ [N]} \Rightarrow \\ \Rightarrow m_{PN} &= \frac{G_{PN}}{g} = 8763 \text{ [kg]}\end{aligned}\tag{3.23}$$

kde je:

$G_{PN}$  [N] tíhová síla na přední nápravu

$G_1$  [N] tíhová síla vlastního vozidla (bez nástavby) na přední nápravu

$m_1$  [kg] hmotnost vlastního vozidla (bez nástavby) připadající na přední nápravu

$m_{PN}$  [kg] hmotnost připadající na přední nápravu

Hmotnost na teoretickém středu zadních náprav:

$$\begin{aligned}G_{TSC} &= G_{TS} + G_{TSV} = G_{TS} + (m_{TSV} \cdot g) = 112425 + (4777 \cdot 9,81) = 159287 \text{ [N]} \Rightarrow \\ \Rightarrow m_{TSC} &= \frac{G_{TSC}}{g} = 16237 \text{ [kg]}\end{aligned}\tag{3.24}$$

kde je:

$G_{TSC}$  [N] tíhová síla připadající na teoretický střed zadních náprav

$G_{TSV}$  [N] tíhová síla vlastního vozidla (bez nástavby) na teor. stř. zadních náprav



$m_{TSC}$  [kg] hmotnost vozidla připadající na teor. stř. zadních náprav

$$\begin{aligned}\sum M_{2X} = 0: \quad & 828 \cdot G_{TSC} - 1350 \cdot G_{3X} = 0 \\ G_{3X} &= \frac{828 \cdot G_{TSC}}{1350} \\ G_{3X} &= 97696 \text{ [N]}\end{aligned}\tag{3.25}$$

$$G_{2X} = G_{TSC} - G_{3X} = 159287 - 97696 = 61591 \text{ [N]}\tag{3.26}$$

kde je:

$G_{2X}$  [N] tíhová síla připadající na první zadní nápravu zadních náprav

$G_{3X}$  [N] tíhová síla připadající na druhou zadní nápravu

Jako poslední je provedena kontrola zatížení jednotlivých zadních náprav. Z předchozího odstavce je známo, že celková hmotnost připadající na zadní nápravy je 16 237 kg. Pomocí momentové rovnice a na základě rozměrů na obrázku 4.25 lze určit váhové rozložení. Z rovnic 3.25 a 3.26 po vydělení tíhovým zrychlením ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ) připadá na první zadní nápravu hmotnost 6 279 kg a na druhou zadní nápravu hmotnost 9958 kg. Jelikož celková hmotnost připadající na přední nápravu je 8763 kg a na zadní dvojnápravu 16 273 kg je zřejmé, že není překročeno povolené zatížení náprav dle vyhlášky č. 341/2002 Sb. (jednotlivá náprava 10 t, jednotlivá hnací náprava 11,5 t, dvojnáprava 18 t, celková hmotnost 25 t).

Dále je nutné zjistit požadavky na hydraulickou soustavu při sklápění plně ložené nástavby. Výpočet je proveden při nejhorším stavu a to znamená, že nástavba je plně ložená i při maximálním vyklopení. První výpočet se zabývá umístěním a rozměry hydraulického válce. Aby bylo možné sklápět nástavbu do třech stran, musí být hydraulický válec umístěn na ose kolmé k základně nástavby a procházející těžištěm plné nástavby, v tomto případě 2 500 mm od konce nástavby a 2 386 mm od zadního uložení nástavby. Úhel sklápění nesmí překročit  $50^\circ$  a výška těžiště plné nástavby nesmí být od rámu vozidla výš než 2 000 mm (obr. 3.24). Z předešlých kapitol je zřejmé, že je dostačující úhel sklápění  $\alpha = 45^\circ$ . Při plném vyklopení vznikne trojúhelník, jehož jedna strana reprezentuje pístnici a další dvě strany mají shodný rozměr (2 386 mm). Je nutné určit výšku trojúhelníku, která je kolmice na rám vozidla vymezená přímkami, které jsou kolmé na rám vozidla a jedna prochází horním a druhá spodním uložením pístnice. Tato výška (rovnice 3.27) rozdělí popsaný trojúhelník na dva pravoúhlé a tím rozdělí rozměr (2 386 mm) vymezený dolním uložením pístnice a zadním uložením nástavby na dva (699 mm a 1 687 mm). Z těchto údajů je stanoven zdvih pístnice, pomocí Pythagorovy věty, na 1 826 mm (rovnice 3.28) a při tomto zdvihu je výška těžiště plné nástavby od rámu vozidla vzdálena 1 999 mm (rovnice 3.29) a to znamená, že všechny požadavky jsou splněny.

$$v_N = \sin \alpha \cdot 2386 = 1687 \text{ [mm]} \quad 3.27$$

kde je:

$v_N$  [mm] výška

$$H = \sqrt{699^2 + 1687^2} = 1826 \text{ [mm]} \quad 3.28$$

kde je:

$H$  [mm] zdvih pístnice (přímočarého hydromotoru, hydraulického válce)

$$h = \sin \alpha \cdot (2386 + 442) = 1999 \text{ [mm]} \quad 3.29$$

kde je:

$h$  [mm] výška těžiště plné nástavby od rámu vozidla

Dále je stanovena maximální síla, která je potřeba pro vyklápění z rovnice 3.30, kde  $m_M$  je hmotnost nákladu v *kg* a  $m_K$  je vlastní hmotnost nástavby v *kg*. V rovnici 3.31 je stanovena maximální síla hydraulického válce při účinnosti 0,9 a následně je v rovnici 3.32 stanoven maximální průměr hydraulického válce, kde pracovní tlak v systému je 23 MPa a průměr válce byl zaokrouhlen na standardizovanou hodnotu. Z vypočtených hodnot je určen teoretický maximální průtok v rovnici 3.33, kde zdvih válce je dosazen v *dm* a čas *t* potřebný pro sklápění je stanoven na 10 s (0,166 min).

$$F_{\max} = (m_M + m_K) \cdot g = (13463 + 1800) \cdot 9,81 = 149730 \text{ N} \quad 3.30$$

kde je:

$F_{\max}$  [N] síla potřebná pro vyklápění

$m_M$  [kg] hmotnost nákladu

$m_K$  [kg] hmotnost nástavby

$$F_{M \max} = F_{\max} \cdot \frac{1}{\eta_M} = 149730 \cdot \frac{1}{0,9} = 166367 \text{ N} \quad 3.31$$

kde je:

$F_{M \max}$  [N] síla, kterou vyvine hydraulický válec při vyklápění

$\eta_M$  [-] účinnost hydraulického válce

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{M \max}}{\pi \cdot p_n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 166367}{\pi \cdot 23}} = 96 \text{ mm} \Rightarrow 100 \text{ mm} \quad 3.32$$

kde je:

$p_n$  [N] tlak v hydraulickém systému

$D_{\max}$  [mm] maximální průměr hydraulického válce

$$Q_{HG \max} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\max}^2 \cdot \frac{H}{t_V} = \frac{\pi}{4} \cdot 1^2 \cdot \frac{18,26}{0,166} = 87 \text{ dm}^3 / \text{min} \quad 3.33$$

kde je:

$Q_{HG \max} [dm^3/min]$  maximální průtok hydrogenerátoru

$t_V [min]$  doba vyklopení

Z rovnice 3.34 je stanoven potřebný geometrický objem hydrogenerátoru  $V_{HG}$  na hodnotu  $72 \text{ cm}^3$ . Otáčky hydrogenerátoru jsou stanoveny na  $1\,357 \text{ 1/min}$  a tyto otáčky jsou maximální, jelikož jsou určeny ze součinu maximálních otáček motoru ( $1\,900 \text{ 1/min}$ ) a převodového poměru PTO  $i=1,4$ . Hodnota geometrického objemu hydrogenerátoru je nutná pro určení potřebného výkonu k pohonu hydrogenerátoru, který se počítá z rovnice 3.35 a je zde počítáno s pracovním tlakem  $23 \text{ MPa}$  a s účinností hydraulického systému  $0,828$ .

$$V_{HG} = \frac{Q_{HG \max}}{n_{HG} \cdot \eta_Q} = \frac{87}{1357 \cdot 0,9} = 0,072 \text{ dm}^3 \quad 3.34$$

kde je:

$V_{HG} [dm^3]$  geometrický objem hydrogenerátoru

$n_{HG} [1/min]$  otáčky hydrogenerátoru

$\eta_Q [-]$  účinnost hydrogenerátoru (hydraulického čerpadla)

$$P_{HG} = V_{HG} \cdot n_{HG} \cdot p_N \cdot \frac{1}{\eta_{CHS}} = 72 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1357}{60} \cdot 23 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{0,828} = 45234 \text{ W} \quad 3.35$$

kde je:

$P_{HG} [W]$  výkon potřebný k pohonu hydrogenerátoru

$\eta_{CHS} [-]$  účinnost hydraulického systému

Potřebný výkon pro pohon hydrogenerátoru je maximálně  $46 \text{ kW}$  (rovnice 3.35), což je z rovnice 3.36 při  $1\,357 \text{ 1/min}$  moment o velikosti  $324 \text{ Nm}$ . Moment, který PTO dokáže vyvinout, je  $600 \text{ Nm}$  a proto je hydraulický systém sklápění nástavby pro vozidlo použitelný.

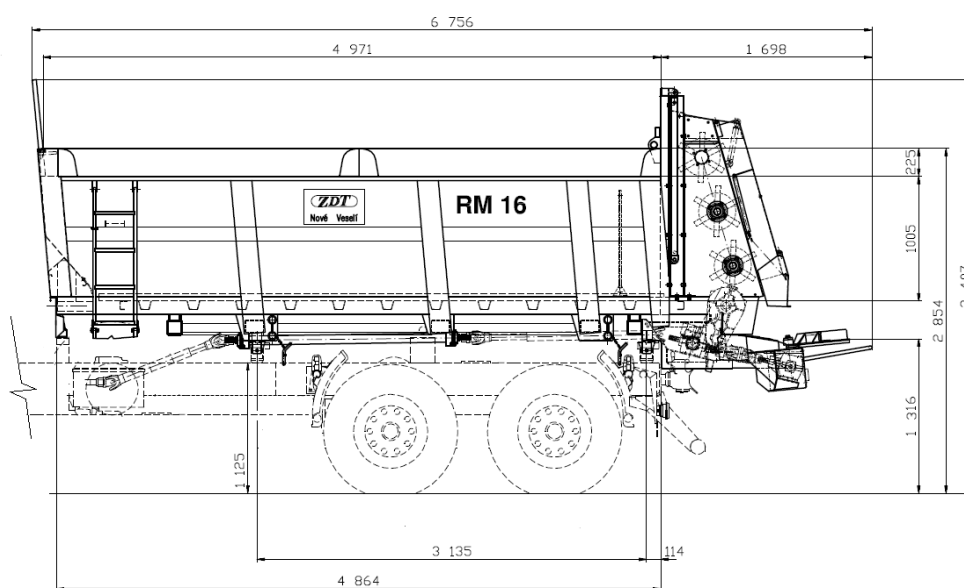
$$M_{HG} = 9549 \cdot \frac{P_{HG}}{n_{HG}} = 9549 \cdot \frac{46}{1357} = 324 \text{ Nm}^{[11]} \quad 3.36$$

kde je:

$M_{HG} [Nm]$  moment potřebný k pohonu hydrogenerátoru

### 3.4.5 Nástavba rozmetadlo RM 16.

Další uvažovanou nástavbou je rozmetadlo hnoje, které se používá k rozmetání substrátů, kompostů, organických hnojiv a chlévského hnoje. Tato nástavba není sklopná. K vyprázdnění nástavby je použito pohyblivého dna (podélně umístěné řetězy s příčkami), které posunuje materiál dozadu k rozdružovacím válcům a stolici, která rozmetá materiál horizontálně nad povrchem země. Šířka rozhozu a množství materiálu jsou nastavitelné. Pro uvažovaný koncept byla vybrána nástavba firmy ZDT Nové Veselí. Čelo rozmetací nástavby je uzpůsobeno tak, že obsluha má možnost kontroly stavu jejího naplnění. Celková hmotnost nástavby je 3 950 kg, rozměry jsou patrné z obr. 3.26 a rozložení vlastní hmotnosti nástavby na uložení (body P a Z na obr. 3.25) je 3 225 kg na přední (P) a 725 kg na zadní (Z).



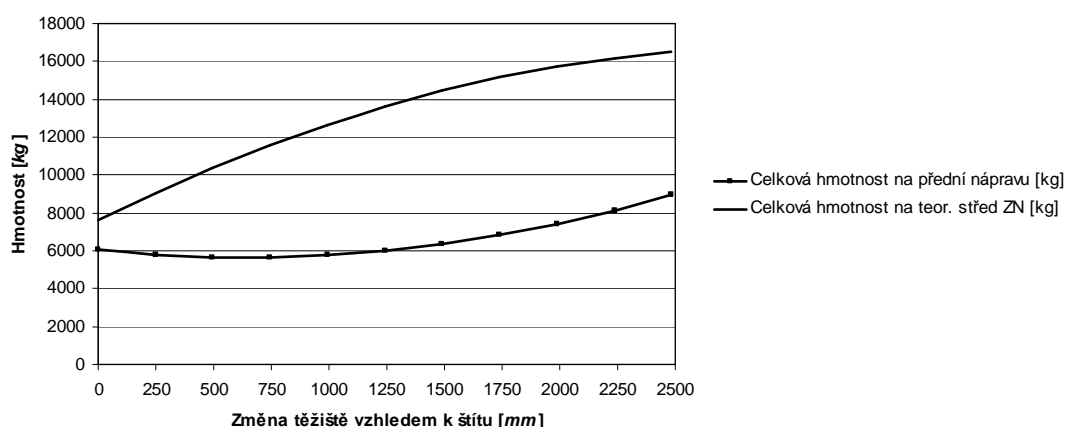
Obr. 3.26: Rozměry nástavby – rozmetadlo RM 16.

Z obr. 3.26 je dále patrné, že náklad není umístěn po celé délce nástavby, ale je pouze v úložném prostoru zepředu omezen čelem nástavby a zezadu omezen výsuvným štítem umístěným 114 mm za zadním uložením nástavby. Za štítem, otevíraným hydraulicky nahoru, je umístěn vlastní mechanismus složený ze třech rozdružovacích válců, umístěných tangenciálně ke směru pohybu materiálu a po téměř celé výšce nástavby, za kterými následuje rozmetací stůl obsahující lopatkové kola, které provádějí aplikaci.

Rozdělení vlastní hmotnosti nástavby na uložení je známé. Dále je nutné zjistit průběh změny zatížení na uložení nástavby při posouvání nákladu směrem dozadu v průběhu aplikace. Při plném naložení má nástavba objem 12 m<sup>3</sup>. Délka ložné plochy je 4 970 mm tato délka je rozdělena na 10 dílů po 497 mm, které s konstantní šířkou a výškou tvoří objemy, jejichž postupným ubíráním směrem od čela nástavby k rozmetacímu ústrojí je simulován posun a úbytek materiálu při aplikaci a tím je zjištěna i změna působení zatížení na uložení nástavby, ze které je určena i změna zatížení náprav vozidla podobně jako u sklápěcí

nástavby výše. Z hodnot uvedených v příloze 12 je sestaven graf, na obr. 3.27, znázorňující průběh rozložení hmotnosti na přední nápravu a teoretický střed zadní dvojnápravy vzhledem k posunu těžiště při aplikaci převáženého materiálu. Hodnoty v příloze dokazují, že je splněn požadavek na minimální zatížení přední nápravy (25 %) pro zaručení ovladatelnosti vozidla, kdy minimální zatížení přední nápravy při vyprazdňování je 44 %.

Při plně loženém vozidle je hmotnost připadající na přední nápravu rovna hodnotě 8 998 kg, na první zadní nápravu připadá hmotnost 6 385 kg a na druhou zadní nápravu připadá hmotnost 10 129 kg. Tyto hodnoty nedosahují hodnot maximálních přípustných konstrukčních hmotností na nápravy, proto je vozidlo možné provozovat s touto nástavbou.

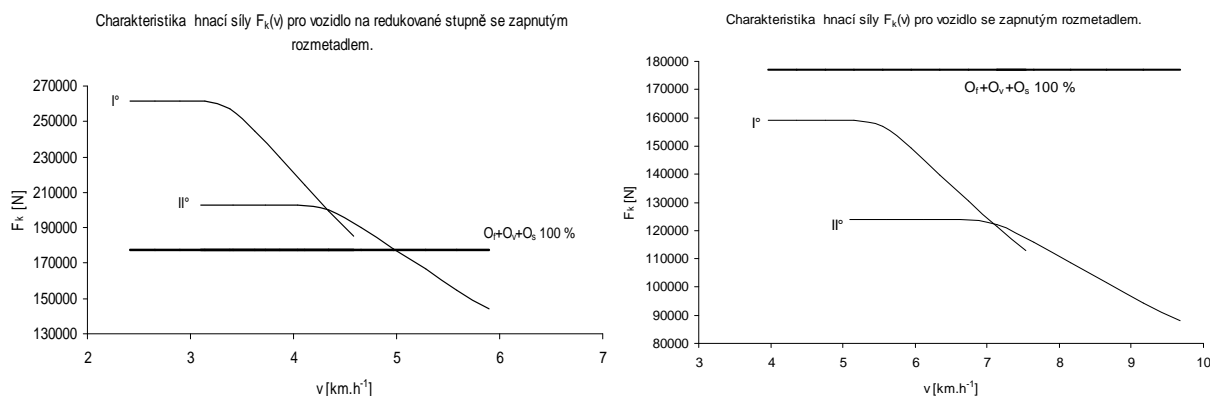


Obr. 3.27: Graf vyjadřující změny rozložení hmotnosti na přední a zadní uložení.

Z grafu na obr. 3.27 dále vyplývá, že není v žádné situaci překročeno povolené zatížení náprav dle vyhlášky č. 341/2002 Sb. ovšem je překročena celková hmotnost vozidla, jelikož vozidlo plně ložené váží 25 512 kg oproti vyžadovaným 25 000 kg. Je nutné poznamenat, že je počítáno se 100 % naplněním objemu ložné plochy, což je v praxi neobvyklé. Pokud bude objem ložné plochy zaplněn z 95,5 % pak je již celková hmotnost vozidla na přijatelných 24 980 kg, proto není nutné zasahovat do konstrukce vozidla či nápravy.

Jelikož je nástavba poháněná vývodovým hřídelem automobilu (PTO) je nutné ověřit dynamické vlastnosti vozidla při úbytku výkonu. Potřeba příkonu nástavby je stanovena na 55 kW<sup>[25]</sup>. Výkon je odebírán pouze při vyprazdňování (aplikaci) tedy při rychlosti okolo 5 km.h<sup>-1</sup>. Rychlost 5 až 6 km.h<sup>-1</sup> je dosažena při zařazeném I°p při otáčkách motoru 1 300 až 1 500 1/min. Vozidlo se tedy pohybuje v oblasti nejvyššího točivého momentu a nejnižší spotřeby, což je výhodné. Jelikož je vozidlo vybaveno PTO s převodem 1,40 lze konstatovat, že při otáčkách motoru 1 400 1/min jsou otáčky PTO 1 000 1/min a tyto otáčky jsou vyžadovány pro správnou funkci rozmetadla. Pokud by bylo vozidlo vybaveno redukční převodovkou, pak by byla požadovaná rychlost dosahovaná na I°p při 1 900 1/min nebo na II°p při 1 700 až 1 900 1/min a tyto otáčky již nejsou pro pohon nástavby ideální a musel by být tudíž použit další reduktor otáček a nebo, pokud by to bylo možné by musel být změněn

převodový poměr pro PTO. Po snížení výkonu o 55 kW, což je také snížení točivého momentu o 375 Nm při otáčkách motoru 1 400 1/min, pak vozidlo, které není vybaveno redukční převodovkou nemá dostatečnou sílu na kolech k překonání 100 % stoupání a vyjede maximálně stoupání o hodnotě 66,5 % dle rovnice 3.27. Pokud je při výpočtu uvažována také přilnavost (soudržnost) mezi povrchem a pneumatikami pak maximální stoupavost vozidla  $s_p$  dle rovnice 3.17 na strništi, na kterém se rozmetání obvykle provádí a při hmotnosti na hnací nápravu 19 127 kg a celkové hmotnosti 25 000 kg, je 51,2 %. Z hodnoty  $s_p$  vyplývá, že síla na kole  $F_k$  potřebná na vyjetí 100 % není podstatná a vozidlo, které není vybaveno redukční převodovkou, tak může tuto činnost bez omezení vykonávat. Vozidlo by nebylo schopno překonat stoupání 100 % ani v konfiguraci pohonu 6x6, kde by celková hmotnost a hmotnost na nápravu byla shodná a stoupavost  $s_p$ , z rovnice 3.17, by byla 70 %. Průběhy hnacích sil na kolech a odporů při 100 % stoupání znázorňuje obr. 3.28 a je zde uvedena charakteristika pro redukovaný první a druhý stupeň (vlevo) a charakteristika pro první a druhý stupeň bez redukce (vpravo).



Obr. 3.28: Průběhy hnacích sil na kolech a odporů při stoupání 100 % při rozmetání.

Pokud by vozidlo bylo vybaveno systémem HydroDrive<sup>®</sup>, pak by zbyl na pohon nástaveb pouze PTO, na kterém je umístěn hydrogenerátor pro pohon hydromotoru na sklápění nástavby. Jelikož pohon rozmetadla je umístěn v zadní části, pak je technicky přípustná přestavba pohonu rozmetadla. Původně je rozmetadlo poháněno přímo od PTO pomocí spojovací kloubové hřídele. Místo té se umístí na nástavbu hydromotor, který bude mít dostatečný výkon pro pohon nástavby a bude poháněn ze stávajícího hydraulického rozvodu. Tímto technickým řešením by se zjednodušila a zrychlila manipulace při výměně nástavby. Aby byl zachován požadavek na otáčky (1 000 1/min) pro nástavbu musí být otáčky hydrogenerátoru zvýšeny o mechanické ztráty v hydrostatickém převodu (0,8) na 1 250 1/min. Nástavba vyžaduje příkon 55 kW a po započtení ztrát v hydrostatickém převodu (0,8) je výkon požadovaný na PTO roven hodnotě 68,75 kW. Tento výkon při otáčkách PTO 1 250 1/min vyvolá moment 525 Nm na PTO dle rovnice 3.36 a tento moment dokáže PTO stále přenést, jelikož jeho maximální hodnota je rovna 600 Nm.

Pokud by vozidlo bylo vybaveno klasicky hnanou přední nápravou, pak by záleželo na převodovém poměru zvoleného pomocného pohonu (PTO). Pokud by byl zvolen s jedním výstupem, pak by byl schopen přenést moment v hodnotě až 1 000 Nm a pokud by byl volen s dvojitým výstupem, pak by byl schopen přenést moment až 730 Nm.

### 3.4.6 Nástavba cisterna fekální (ACF).

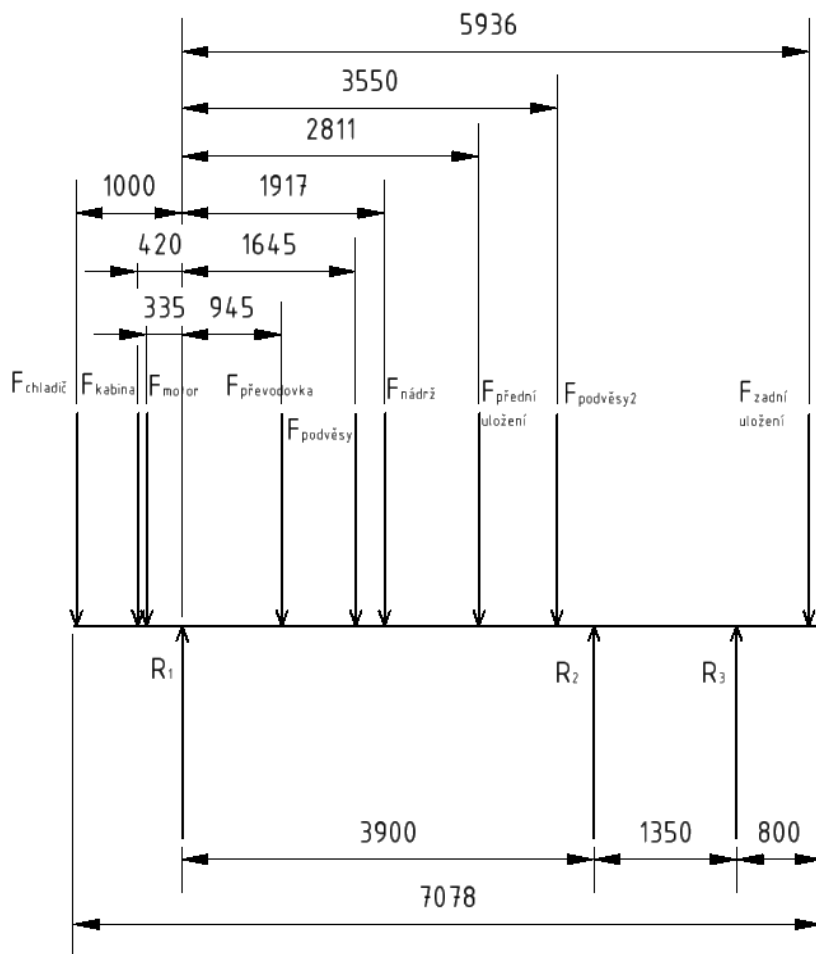
ACF celkovou hmotnost s nákladem 15 300 kg, pokud je přepravován materiál s objemovou hmotností 1 000 kg/m<sup>3</sup> a to splňují všechny běžně převážené materiály v zemědělství kromě kapalného hnojiva DAM 390 s objemovou hmotností 1 400 kg/m<sup>3</sup>. Jelikož hmotnost přepravovaného nákladu může být maximálně 11 963 kg, pak musí obsluha dbát na to, aby při přepravě DAMu naplnila objem cisterny pouze ze 71 % aby nebyla překročena celková hmotnost vozidla. Je vhodné, aby cisterna byla z materiálu, který podléhá korozi obtížně, nebo vůbec. Vlastní hmotnost nástavby byla zvolena z údajů pro výměnnou nástavbu na podvozek STROM TC 18<sup>[21]</sup>, proto se při adaptaci nástavby na nákladní automobil mohou rozměry a hmotnost lišit.

Jelikož příkon pro pohon čerpadla se pohybuje, dle jeho výkonnosti, mezi 22 až 48 kW, pak PTO je schopno pohánět i tuto nástavbu, jelikož z minulé kapitoly je zřejmé, že nástavba RM 16 má požadavek na příkon vyšší a ten je také splněn.

### 3.4.7 Návrh a výpočet žebřinového rámu.

Jelikož byly určeny všechny potřebné údaje, je možno přistoupit k zjednodušenému výpočtu, respektive kontrole rámu. Při tomto výpočtu se kontrolují pouze podélníky žebřinového rámu. Kontrola je provedena na ohyb jednoho podélníku rámu při působení statických sil. Statické síly jsou určeny na základě dostupných údajů, odborných konzultací a měření hmotnosti vybraných dílů. Tyto síly reprezentují poloviny hmotností dílů, které působí významným podílem na rám vozidla. S polovinami je počítáno proto, že kontrola je provedena pouze na jednom ze dvou podélníků. Hodnoty sil jsou uvedeny v tab. 3.11 a byly určeny na základě měření hmotnosti vybraných dílů a po konzultacích, nebo byly hmotnosti známy z technických údajů. Jsou řešeny dvě situace. První je při nástavbě uložené v přepravní poloze na čtyřech bodech uložení a druhá při plně vyklopené sklápěcí nástavbě. Rozmístění zatěžujících sil na podélníku prezentuje náčrt na obr. 3.29. Podélníkem se uvažuje nosník o 3 podpěrách, které jsou voleny ve středech náprav ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ). Na tento nosník působí síly jednotlivých skupin, podskupin, dílů a dalších věcí umístěných na rámu včetně hmotnosti nástavby. Síly působí v teoretických těžištích a při jejich určení jsou

zahrnuty hmotnosti provozních kapalin a příslušenství. Nástavba působí na rám vozidla v místech jejího uložení, tedy na 4 čepích a v uložení maileru (pístnice).



Obr. 3.29: Náskres podélníku se zatěžujícími silami.

Tab. 3.11: Velikosti a umístění zatěžujících sil na jednom podélníku.

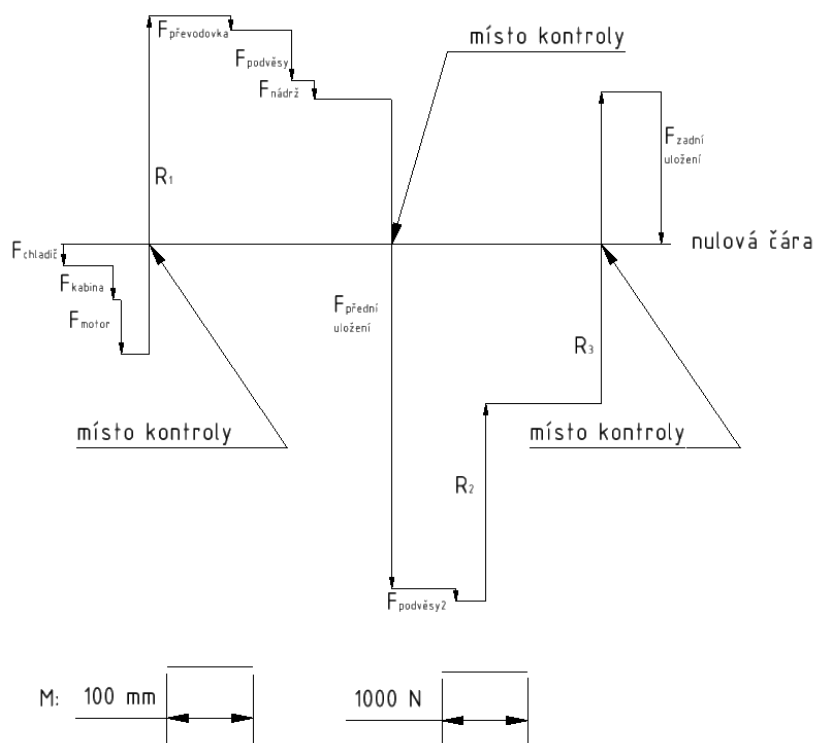
Označení	Přepravní poloha sklápěcí n.	Vyklopená sklápěcí n.
	Velikost síly [N]	Velikost síly [N]
$F_{chladič}$	2 453	2 453
$F_{kabina}$	3 993	3 993
$F_{motor}$	6 377	6 377
$F_{převodovka}$	1 717	1 717
$F_{nádrž}$	2 207	2 207
$F_{podvěsy}$	5 886	5 886
$F_{podvěsy2}$	1 472	50 355
$F_{přední uložení}$	56 981	0
$F_{zadní uložení}$	17 889	25 982
$R_1$	39 534	26 543
$R_2$	22 969	27 991
$R_3$	36 434	44 436



Síla  $F_{\text{chladič}}$  reprezentuje tíhu, kterou působí na rám chladicí soustavy,  $F_{\text{kabina}}$  je síla, kterou působí na rám vozidla obsazena dvěma členy posádky při hmotnosti jednoho 77 kg.  $F_{\text{podvěsy}}$  je síla působící v místě uložení vzduchové a hydraulické soustavy.  $F_{\text{podvěsy2}}$  je síla působící na rám v místě uložení pístu (maileru), kde se při zvednuté nástavbě přenáší i část její hmotnosti. Síly  $F_{\text{přední uložení}}$  a  $F_{\text{zadní uložení}}$  reprezentují působení nástavby.

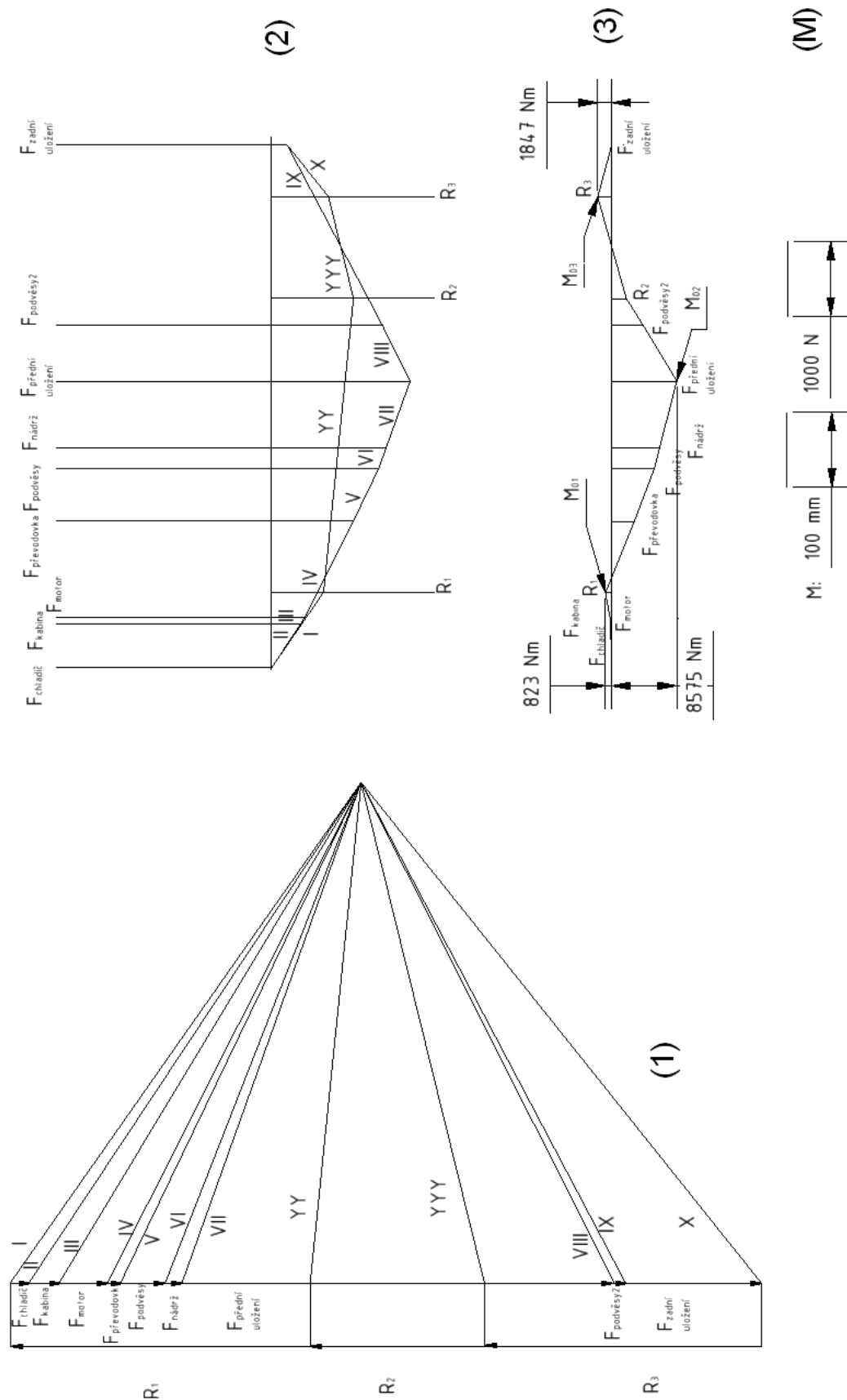
### Nástavba v přepravní poloze.

Při uložení nástavby v přepravní poloze je hmotnost nástavby rozložena do bodů uložení nástavby. Protože jsou známy velikosti působících sil (tab. 3.11), je možné určit místa maximálních ohybových momentů, které vyplynou z obrazce posouvajících sil uvedeného na obr. 3.30. Místa maximálních ohybových momentů jsou charakterizována tím, že síly protínají nulovou čáru. Z obr. 3.30 tedy vyplývá, že budou kontrolovány místa, ve kterých prochází síly  $R_1$ ,  $F_{\text{přední uložení}}$  a  $R_3$ .

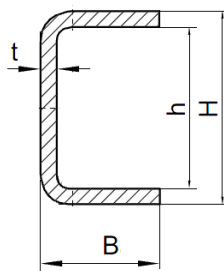


Obr. 3.30: Obrazec posouvajících sil.

Na obr. 3.31 je sestaven pólový mnohoúhelník (1), ze kterého je přenesením rovnoběžek (úseček I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, YY, YYY) vedených z pólů k jednotlivým silám sestaven momentový obrazec (2). Při dodržení měřítka (M) jsou určeny velikosti ohybových momentů  $M_0$ . Hodnoty ohybových momentů jsou přeneseny v měřítku na vodorovnou osu (3). Velikost ohybových momentů v kritických průřezích (místech kontroly) je pak  $M_{01} = 823 \text{ Nm}$ ,  $M_{02} = 8575 \text{ Nm}$  a  $M_{03} = 1847 \text{ Nm}$ . Pro výpočet ohybového napětí je tedy počítáno s hodnotou ohybového momentu  $M_{02} = 8575 \text{ Nm}$ , který působí v místě předního uložení nástavby.



Obr. 3.31: Určení ohybových momentů. Mnohoúhelník (1), momentový obrazec (2), ohybové momenty přenesené na vodorovnou osu (3), měřítko (M).



Obr. 3.32: U-profil nosníku.

Největší ohybový moment je použit k výpočtu ohybového napětí v rovnici 3.37. Hodnota  $w_o$  (průřezového modulu) je stanovena na  $3,1 \cdot 10^{-5} m^3$  u podélníku U-profilu (obr. 3.32) o rozměrech  $H = 270 mm$ ,  $h = 254 mm$ ,  $B = 85 mm$ ,  $t = 8 mm$  z materiálu číslo 1.0984 (DIN EN 10149-2), který se používá pro nákladní vozidla MAN, ovšem pro vozidla vybavené sklápěcí nástavbou se při celkových hmotnostech vozidla  $26 t$  (potažmo  $25 t$ ) používá podélník stejného typu profilu a materiálu profilu ovšem o rozměrech  $H = 270 mm$ ,  $h = 251 mm$ ,  $B = 85 mm$ ,  $t = 9,5 mm$ .<sup>[19]</sup> Hodnota  $w_o$  je v tomto případě rovna  $3,6 \cdot 10^{-5} m^3$ <sup>[19]</sup> a proto je vhodné ověřit, jestli podélník o menších rozměrech bude vyhovovat z hlediska statického namáhání maximálním dosaženým ohybovým momentům v místech kontroly. Při záměně  $w_o$  ve vzorci 3.37 za hodnotu  $3,6 \cdot 10^{-5} m^3$  pak ohybové napětí dosáhne hodnoty  $239 MPa$ . Pro oba typy podélníků je mezní hodnota ohybového napětí stanovena na  $500 MPa$  a proto lze říci, že oba podélníky kontrolu splnily. Z výsledků lze konstatovat, že je možné použít podélník o rozměrech profilu ( $H = 270 mm$ ,  $h = 254 mm$ ,  $B = 85 mm$ ,  $t = 8 mm$ )<sup>[19]</sup>.

$$\sigma_o = \frac{M_{02}}{w_o} = \frac{8575}{3,1 \cdot 10^{-5}} = 276612903 Pa \Rightarrow 277 MPa \quad 3.37$$

kde je:

$\sigma_o$  [MPa] ohybové napětí  
 $M_{02}$  [Nm] ohybový moment  
 $w_o$  [ $m^3$ ] průřezový modul

$$\sigma_{DOV_o} > \sigma_o \Rightarrow 500 MPa > 277 MPa \quad 3.38$$

kde je:

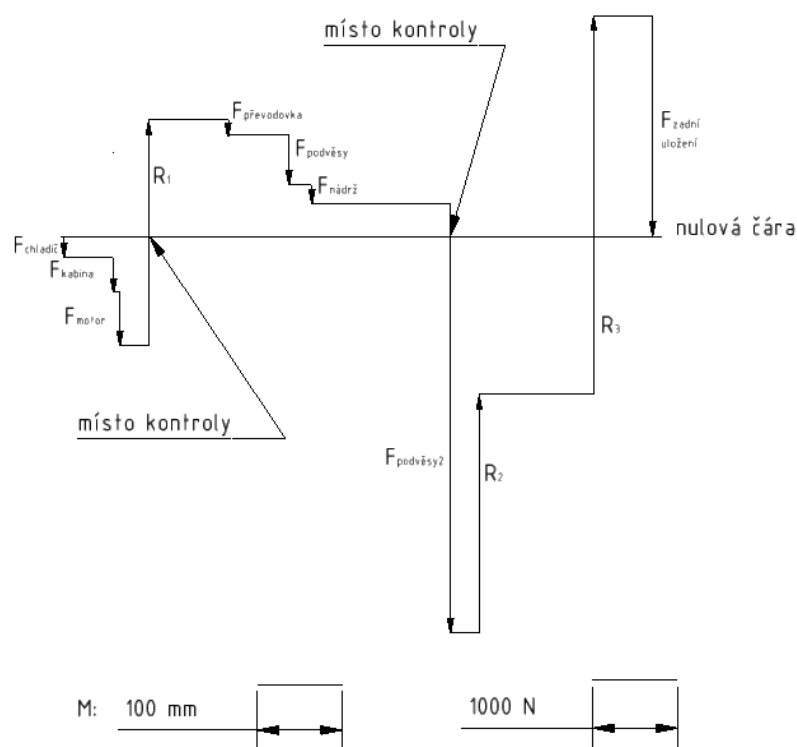
$\sigma_{DOV_o}$  [MPa] dovolené napětí v ohybu

Kontrola nepřekročení mezního (dovoleného) ohybového napětí podélníku z rovnice 3.38 vyšla i bez započítání profilu podélníku mezirámu (pomocného rámu), který zvyšuje tuhost vozidla. Výrobce MAN vyžaduje použití mezirámu při použití vozidla jako sklápěče. Tento mezirám obsahuje uchycení hydromotoru (pístu nebo-li maileru), který zvedá nástavbu a přední a zadní uložení nástavby. Mezirám je k hlavnímu rámu připevněn šroubovým spojem,

což je pevné spojení, které ovšem dovoluje posuv v rámci vůle otvorů. Z tohoto hlediska je možné sečíst maximální ohybové momenty popřípadě maximální ohybová napětí, která dokážou oba rámy přenést. Jelikož samotný podélník vozidla je schopen přenést ohybové napětí podélníky pomocného rámu, lze zvolit minimální. Dle doporučení výrobce je to podélník U-profilu (obr. 3.32) o rozměrech  $H = 200 \text{ mm}$ ,  $B = 85 \text{ mm}$  z materiálu číslo 1.0984 (DIN EN 10149-2).

### Sklápěcí nástavba v maximálním vyklopení.

Při maximálním vyklopení sklápěcí nástavby je hmotnost nástavby rozložena do bodů zadního uložení nástavby a do uložení pístu (maileru), což se promítne ve zvětšení síly  $F_{\text{podvěsy2}}$ . Protože jsou známy velikosti působících sil (tab. 3.11), je možné určit místa maximálních ohybových momentů, které vyplynou z obrazce posouvajících sil uvedeného na obr. 3.33. Místa maximálních ohybových momentů jsou charakterizována tím, že síly protínají nulovou čáru. Z obr. 3.33 tedy vyplývá, že budou kontrolovány místa, ve kterých prochází síly  $R_1$ ,  $F_{\text{podvěsy2}}$  a  $R_3$ .

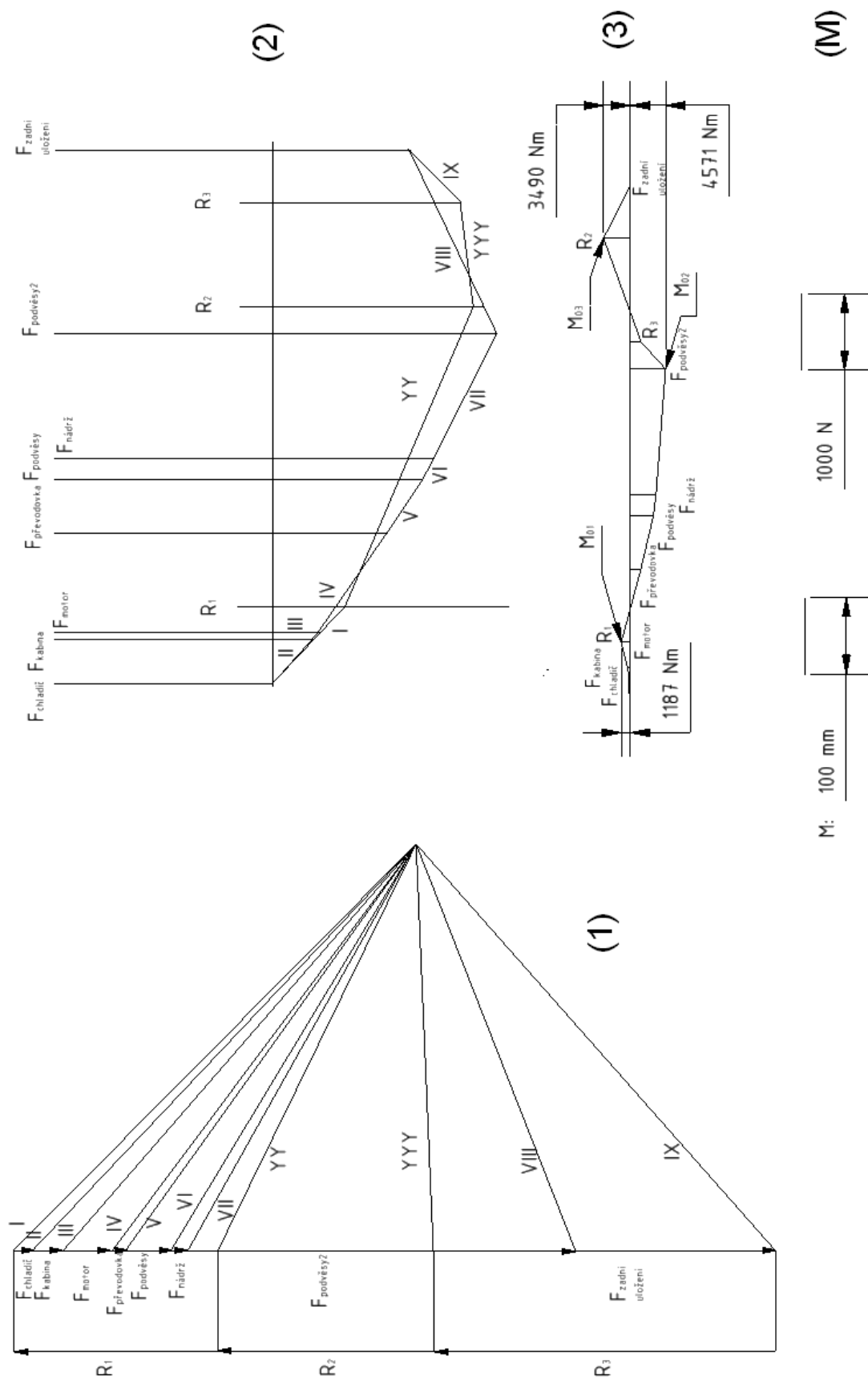


Obr. 3.33: Obrazec posouvajících sil.

Na obr. 3.34 je sestaven pólový mnohoúhelník (1), ze kterého je přenesením rovnoběžek (úseček I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, YY, YYY) vedených z pólů k jednotlivým silám sestaven momentový obrazec (2). Při dodržení měřítka (M) jsou určeny velikosti ohybových momentů  $M_0$ . Hodnoty ohybových momentů jsou přeneseny v měřítku na vodorovnou

osu (3). Velikost ohybových momentů v kritických průřezích (místech kontroly) je pak  $M_{01} = 1\,187\text{ Nm}$ ,  $M_{02} = 4\,571\text{ Nm}$  a  $M_{03} = 3\,490\text{ Nm}$ . Výpočet ohybového napětí tedy není nutné provádět jelikož v předchozím případě byl maximální ohybový moment roven hodnotě  $8\,575\text{ Nm}$  a podélník vyhověl.

Pro navrhované vozidlo je tedy dostačující použít na rám vozidla podélníky U-profilu (obr. 3.32) o rozměrech  $H = 270\text{ mm}$ ,  $h = 254\text{ mm}$ ,  $B = 85\text{ mm}$ ,  $t = 8\text{ mm}$  z materiálu číslo 1.0984 (DIN EN 10149-2)<sup>[19]</sup> a pro pomocný rám vozidla je vhodný podélník U-profilu (obr. 3.32) o rozměrech  $H = 200\text{ mm}$ ,  $B = 85\text{ mm}$  z materiálu číslo 1.0984 (DIN EN 10149-2)<sup>[19]</sup>.



Obr. 3.34: Určení ohybových momentů. Mnhoúhelník (1), momentový obrazec (2), ohybové momenty přenesené na vodorovnou osu (3), měřítko (M).

### 3.4.8 Volba pneumatik.

Silniční nákladní automobily jsou vybavovány na zadních hnacích nápravách dvojitou montáží pneumatik. Tyto pneumatiky mají silniční vzorek dezénu a nejsou vhodné pro pohyb vozidla v terénu malou kontaktní plochou mezi pneumatikou a povrchem. Pro nákladní vozidlo jsou zvoleny jednoduché montáže kol na všech nápravách ve stejných rozměrech pneumatik. Z velkého množství druhů a výrobců jsou vybrány pláště Michelin XZL o rozměrech 445/65 R 22.5 TL, které vyhovují všem podmínkám. Je to především nutnost splnit zatížení náprav, kdy největší váha připadající na nápravu má hodnotu 10 129 kg a to je druhá zadní náprava při plně zatížené rozmetací nástavbě RM 16. Váha pláště je 110,2 kg a maximální váha připadající na pneumatiku je 5600 kg při tlaku v pneumatice 0,830 MPa.

Šířka pláště patří mezi největší na trhu při dané nosnosti. Tento plášť je vhodný na všechny nápravy, tedy hnací i řídící. Je určen pro rychlosti do 90 km/h a tato rychlost je vyhovující, jelikož maximální rychlost dle legislativy je určena na 80 km/h. V tab. 3.12 jsou uvedena maximální zatížení náprav vzhledem k tlaku v pneumatice při již zmíněné jednoduché montáži pneumatik na všech nápravách. Z této tabulky vyplývá, že pneumatika musí být nahuštěna minimálně na tlak 0,725 MPa a tento tlak nedovoluje příliš zvýšit kontaktní plochu pneumatiky s povrchem, což je žádoucí při jízdě po poli. Větší kontaktní plocha pneumatiky snižuje střední kontaktní tlak na půdu a tím přispívá ke snížení utlačování půdy a tedy k jejímu snazšímu obdělávání a vyšším výnosům plodin, což má dopad na zvýšené zisky. Rozsah a zaměření tohoto projektu nedovoluje určit, na kolik utužení půdy těmito pneumatikami ovlivňuje ekonomiku pěstování plodin. Teoreticky i prakticky se prokázalo, že utužování (trvalé plastické deformace půdy) lze omezit nebo mu předejít používáním dopravních prostředků a pracovních strojů s co nejnižším měrným tlakem na půdu (menším než 0,3 MPa, optimálně však 0,1 MPa). Těchto hodnot lze dosáhnout správnou volbou pneumatik a jejich správným huštěním.

Tab. 3.12: Závislost tlaku v pneumatice na zatížení nápravy.

Tlak v pneumatice [MPa]	0,500	0,600	0,625	0,650	0,675	0,700	0,725	0,750	0,775	0,800
Hmotnost na nápravu [kg]	7360	8640	8960	9280	9600	9920	10240	10560	10880	11200

Aby bylo dosaženo nízkého měrného tlaku na půdu, je nutné pneumatiku podhustit. Pro jízdu na zpevněných komunikacích je vhodné pneumatiku hustit na předepsaný tlak. K změně tlaku v pneumatikách slouží zařízení na jejich dohušťování a podhušťování. Firma PTG nabízí produkt airbox/drive 2L<sup>[26]</sup>, který umožňuje dohušťování a podhušťování pneumatik za jízdy. Systém je kontrolován z kabiny a pomocí digitálního panelu a skládá se z vlastního vzduchotlakého systému. Výrobce uvádí, že u nákladního vozidla se znakem náprav 4x4 s jednoduchými montážemi pneumatik o rozměrech 14.00 R20 je podhuštění z tlaku 0,7 MPa na 0,4 MPa provedeno za přibližně 4 minuty a opětovné nahuštění pneumatik z tlaku 0,4 MPa na 0,7 MPa je provedeno za přibližně 6 minut. Na uvažovaný

nákladní automobil je ovšem diskutabilní zavedení tohoto systému, jelikož z předchozího vyplývá, že pokles tlaku v pneumatikách může být maximálně z 0,8 MPa na 0,725 MPa.

Pokud je ochrana půdy před nadměrným zhutňováním upřednostňována, je možné vybavit vozidlo širokoprofilovými pneumatikami, které jsou vhodné pro provoz na polích. Tyto pneumatiky zhoršují jízdní vlastnosti na pozemních komunikacích a při jejich použití je snížena maximální rychlost vozidla na 40 až 60 km/h dle použité pneumatiky. Tímto je ovšem zvýšena celková cena vozidla, jelikož jsou používány pneumatiky podle typu nasazení vozidla (aplikace nebo doprava).

Další možností je diferenciací dopravy. Diferenciaci lze demonstrovat např. při sklizni, kde se pohybuje traktor s překládacím návěsem, vybavený správným typem pneumatik, pouze po poli a přeskládá komoditu ze sklizňové techniky do nákladního automobilu s přívěsem, který stojí na okraji pole. Nákladní automobil dále přepravuje komoditu na posklizňovou linku. U tohoto typu dopravy je nutné sladit objemy překládacího návěsu se zásobníky sklizňové techniky a objem překládacího návěsu s objemem nástavby nákladního automobilu případně přívěsu. Podobně lze využít nákladní automobil při doplňování aplikační techniky na poli.

### **3.4.9 Požadavky na kabinu a ovládání.**

Úpravy kabiny řidiče jsou vázány omezeními výrobce MAN. Ten zakazuje zásahy do struktury kabiny řidiče (např. výřezy změny struktury, nosnosti a upevnění sedadel). Všechny úpravy může provádět pouze MAN. V konceptu je použita klasická kabina typu MAN TGX o velikosti M. Tato kabina vyhovuje účelům použití nákladního automobilu, jelikož bude provozován pouze jako denní vozidlo a tak nepotřebuje spací prostor kabiny. Tento typ kabiny umožňuje zabudování zadního okna, které bude sloužit pro kontrolu nástavby. Jelikož každá z nástaveb obsahuje průzor v jejím čele, lze takto kontrolovat stav zaplnění nástavby.

Pokud bude vozidlo provozováno jako aplikační (rozmetací nástavba RM 16 aj.) je vhodné jej vybavit systémem navigace. Například produkt firmy John Deere s názvem GreenStar Lightbar umožňuje přesné navazování jednotlivých aplikačních jízd a tak zaručuje rovnoměrnost aplikované látky bez vynechávek nebo překrytí. GreenStar Lightbar obsahuje světelnou lištu, která se umísťuje do zorného pole řidiče (např. na přístrojovou desku) a zobrazuje odchylku od nastavené jízdy. Dále obsahuje přijímač StarFire 300, který je umístěn na střeše kabiny a přijímá signál GPS a informace převádí na světelnou lištu. Pro funkci je potřeba 12 V napájecí zdroj.<sup>[27]</sup>



## 4 Ekonomické vyhodnocení nákladního automobilu.

Pro zhodnocení ekonomiky provozu daného nákladního automobilu je potřeba srovnání s dalšími přepravními prostředky. Základním přepravním prostředkem ve vnitropodnikové dopravě v zemědělství je traktor s přívěsem nebo návěsem. Podvozek návěsu může být řešen také jako nosič výměnných nástaveb, nebo jsou to přívěsy jednoúčelové. Obvykle se používají přívěsy nebo nástavby typu sklápěcího, cisternového nebo rozmetadla. Tab. 4.1 uvádí orientační ceny nákladního vozidla s výměnnými nástavbami a jeho přívěsu a také orientační ceny traktorových souprav s návěsy nebo s přívěsem, který je nosič výměnných nástaveb.

Tab. 4.1: Ceny dopravních prostředků.

	cena [Kč]		cena [Kč]
TGS 26.440	2 500 000	John Deere 8230	3 100 000
Nástavba sklápěcí	v ceně	Podvozek MEGA 20	480 000
Nástavba rozmet. RM 16	650 000	Nástavba sklápěcí	205 000
Nástavba CAF 12 plastová	630 000	Nástavba rozmet. MC146	667 000
Nástavba CAF 12 zink.	[540000]	CGS-NTF 12N zink.	[540000]
Σ [Kč]	3 780 000	CGS-NTF 12N plastová	630 000
přívěs (18 t)	600 000		
Σ [Kč]	4 380 000	Σ [Kč]	5 082 000
		John Deere 8230	3 100 000
		Návěs Mengele (20 t)	670000
		Cisterna HTS 22.14	1341000
		Rozmetadlo HTS 22.	1380000
		Σ [Kč]	6 491 000

Tab. 4.2 ukazuje částky povinných plateb, které je nutno zaplatit za jeden rok provozu bez ohledu na výkony. U uvažované jízdní soupravy je v tab. 4.2 snížena částka silniční daně o 25 % jelikož je ze zákona o dani silniční možné provést toto snížení, pokud bude mít vozidlo uvedeno v technickém průkazu, že je určeno pro činnosti výrobní povahy v rostlinné výrobě podle Standardní klasifikace produkce ČSÚ, kód 01.41.11 a poplatníkem daně je osoba provozující zemědělskou výrobu, což je splněno. Výše této daně však bude placena až po 108 kalendářních měsících, protože v prvních 36 měsících se sazba daně dále snižuje o 48 % po dobu následujících 36 měsíců se sazba daně dále snižuje o 40 % a po dobu následujících 36 měsíců se sazba daně dále snižuje o 25 %. Tyto údaje jsou zohledněny v Kalkulačním vzorci v tab. 4.5.

Tab. 4.2: Povinné platby za rok.

Tab. 4.2.1 Povinné platby za rok:

	STK (emise) [Kč]	Povinné ručení [Kč]	Silniční daň [Kč]	Σ [Kč/rok]
	každý rok			
TGS 26.440	1 400	21 000	20 475	62 170
přívěs (18 t)	900	620	17 775	
John Deere 8230	350	830	-	2 025
Podvozek MEGA 20	225	620	-	
John Deere 8230	350	830	-	3 715
Návěs Mengele (20 t)	225	620	-	
Cisterna HTS 22.14	225	620	-	
Rozmetadlo HTS 22.	225	620	-	

Tab. 4.3 ukazuje rozdíl v ceně za PHM při mimopodnikové dopravě v situaci, kdy podnik ZOD Tísek přepravuje všechny sklizené komodity k zákazníkům. Z průměrné přepravní vzdálenosti určené ze znalosti skladby a vzdálenosti zákazníků je vytvořena tato modelová situace. Určité zkreslení má za následek nižší užitečná hmotnost traktorové soupravy. Dle legislativy, která dovoluje tah přívěsu o celkové hmotnosti rovnající se 2,5 násobku celkové hmotnosti traktoru<sup>[28]</sup>, při maximální konstrukční rychlosti traktoru do 40 km/h. Při celkové hmotnosti traktoru John Deere 8230 rovnající se hodnotě 12 000 kg by bylo možno vytvořit soupravu s návěsem o celkové hmotnosti 30 000 kg, u kterého lze očekávat užitečnou hmotnost okolo 20 000 kg. ZOD Tísek ovšem takovým to návěsem nedisponuje, proto jsou uvedeny parametry stávající soupravy, kdy byly parametry stanoveny měřením. Jelikož automobilová jízdní souprava je teprve navrhována a proto jsou její parametry stanoveny buď z obecných zásad nebo po konzultacích.

Tab. 4.3: Provozní charakteristiky, mimopodniková doprava za rok.

Mimopodniková doprava	TGS 26.440 + přívěs	John Deere 8230 + návěs (20 t)	Služba - návěsová j.s.
Ø spotřeba [l/100 km]	35	75	32
Kapacita [t]	26,5	15,2	28,0
Ø rychlost [km/h]	55	30	55
Ø přepravní vzdálenost [km]	23	23	23
Přepravené množství [t]	5 014	5 014	5 014
Počet obrátů [-]	192	330	183
Ujetá vzdálenost [km]	8 806	15 187	8 486
Spotřebované množství PHM [l]	3 082	11 390	2 716
Cena PHM [Kč/l]	23,76	23,76	23,76
Cena za PHM [Kč]	73 231	270 632	64 521
Rozdíl [Kč]	-	-197 402	8 710

## **4.1 Ekonomické vyhodnocení automobilové jízdní soupravy v ZOD Tísek.**

Dle získaných dat za roky 2008, 2009 lze konstatovat, že objemy přeprav se významně mezi léty nemění, a proto lze určit průměrné hodinové využití nákladního automobilu na 969 h/rok. Také lze určit průměrně najeté kilometry na 11 453 km/rok. Z průměrné spotřeby 35 l/100km a známém kilometrickém proběhu za rok je možné určit spotřebu PHM za rok, která je spočtena na 4 009 l / cena za PHM pak bude, při ceně nafty 23,76 Kč/l, 95 247 Kč. Náklady na údržbu a opravy byly stanoveny na 0,15 Kč/km<sup>[29]</sup> a náklady na přímý materiál (pneumatiky apod.) na 0,059 Kč /km<sup>[29]</sup>. Náklady na údržbu, opravy a přímý materiál pak budou 2 394 Kč/rok. Všechny hodnoty jsou uvedeny bez DPH.

Mzda za hodinu práce řidiče včetně zdravotního a sociálního pojištění je stanovena na 130 Kč/h. Jelikož řidič vozidla je smluvně vázán i k jiné náplni práce, než je řízení, obsluha a údržba vozidla (jízdní soupravy), lze touto částkou vynásobit hodiny využití nákladního automobilu za rok a tím je získána mzda řidiče při výkonu vozidla a ta je 119 730 Kč/rok. Dále je nutné určit mzdu řidiče při údržbě vozidla. Údržba vozidla je podnikem stanovena na 8 h na 100 h provozu, což je 78 h/rok a při vynásobení mzdou za hodinu práce řidiče je mzda řidiče při údržbě stanovena na 10 140 Kč/rok. Mzda řidiče při výkonu dopravy za rok je suma předchozích mezd, což je 125 970 + 10 140 = 136 110 Kč/rok. Při určení mzdy není počítáno s přesčasy a prémie. Všechny hodnoty jsou uvedeny bez DPH.

Po konzultaci byla stanovena správní a výrobní (provozní) režie a to na 9 % a 9 % z výkonů jízdní soupravy včetně mzdy řidiče. Proto lze určit částku správní režie na 21 032 Kč/rok a výrobní režie na 21 032 Kč/rok.

Z tab. 5.1 je stanovena celková nákupní cena nákladního automobilu včetně všech nástaveb a přívěsu na hodnotu 4380000 Kč bez DPH. Tuto cenu je nutné rozložit v odpisech. Nákladní vozidlo včetně přívěsu patří dle zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů do druhé odpisové třídy, kde je možné odepisovat 5 let. ZOD Tísek používá lineárního odpisování. V prvním roce odpisování se odečítá 11 % z celkové částky a v dalších letech se odečítá 22,25 % z celkové částky. V tab. 4.4 je uveden postup odpisu. Výpočet rovnoměrných odpisů upravuje § 31 zákona o dani z příjmů odst. a). Zákon určuje sazby pro výpočet odpisu. Tyto sazby jsou vyjádřeny procentem. Výpočet rovnoměrného odpisu probíhá tak, že vynásobíme odpisovou sazbou se vstupní cenou majetku.

Tab. 4.4: Odpisy.

Vstupní cena 4 380 000 Kč			
Rok odpisu	Odpisová sazba [%]	Odpis [Kč]	Zůstatková cena [Kč]
1.	11	481 800	3 898 200
2.	22,25	974 550	2 923 650
3.	22,25	974 550	1 949 100
4.	22,25	974 550	974 550
5.	22,25	974 550	0

Jelikož jsou známy všechny veličiny, je možno přistoupit k předběžné nákladové kalkulaci. V tab. 4.5 je uveden Kalkulační vzorec pro danou jízdní soupravu na jehož konci je uvedena částka, kterou podnik ZOD Tísek zaplatí za přepravu jízdní soupravou na jeden kilometr, jednu hodinu a celkem za jeden rok provozu. Přepokládá se, že jízdní souprava ujede během roku 11 453 km a tato hodnota je stanovena měřením a výpočty. Jelikož je ZOD Tísek rozděleno na středisko technických služeb a středisko rostlinné výroby, jsou náklady za přepravu zároveň cenou účtovanou středisku rostlinné výroby za přepravu.

Tab. 4.5: Kalkulační vzorec pro jízdní soupravu.

Položka	Částka bez DPH [Kč/rok]					
	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok
Pohonné hmoty	95 247	95 247	95 247	95 247	95 247	95 247
Přímý materiál (pneumatiky a ostatní)	676	676	676	676	676	676
Přímé mzdy	136 049	136 049	136 049	136 049	136 049	136 049
Přímé odpisy	481 800	974 550	974 550	974 550	974 550	0
Přímé opravy a údržba	1 718	1 718	1 718	1 718	1 718	1 718
Ostatní přímé náklady (pojištění a další)	43 808	43 808	43 808	46 870	46 870	46 870
<b>PŘÍMÉ NÁKLADY CELKEM</b>	<b>759 298</b>	<b>1 252 048</b>	<b>1 252 048</b>	<b>1 255 110</b>	<b>1 255 110</b>	<b>280 560</b>
Provozní režie	21 032	21 032	21 032	21 032	21 032	21 032
Správní režie	21 032	21 032	21 032	21 032	21 032	21 032
<b>ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY</b>	<b>42 064</b>	<b>42 064</b>	<b>42 064</b>	<b>42 064</b>	<b>42 064</b>	<b>42 064</b>
<b>CENA VÝKONU</b>	<b>801 362</b>	<b>1 294 112</b>	<b>1 294 112</b>	<b>1 297 174</b>	<b>1 297 174</b>	<b>322 624</b>
Cena za 1 kilometr přepravy [Kč/km]	70	113	113	113	113	28
Cena za 1 hodinu práce [Kč/h]	827	1 335	1 335	1 339	1 339	333

Cena za kilometr přepravy je v prvním roce 70 Kč/km, v dalších dvou letech je to 110 Kč/km a v následujících dvou letech je to 113 Kč/km. Tento rozdíl je dán nižší sazbou odpisu v prvním roce. V prvních pěti letech je cena za kilometr přepravy vysoká. Když se porovná s cenou za kilometr přepravy návěsové jízdní soupravy s užitečnou hmotností 28 t firmy Strojní dopravní služby (autodoprava Petr Lazecký), která je najímána na mimopodnikovou přepravu zrnin v letním období při delších přepravních vzdálenostech a činí 32 Kč/km s dodatečnými náklady 200 Kč/h při čekání na nakládku a vykládku. Jelikož v ceně za kilometr přepravy uvažované jízdní soupravy je zahrnuto čekání, musí být rozpočtena částka za čekání najímané jízdní soupravy do ceny za kilometr přepravy. Z dlouhodobých měření vyplynulo, že najímaná jízdní souprava vykonala za den tři obraty. Obvyklá trasa

přepravy vedla do výkupů situovaných ve městech Opava a Hlučín. Po určení vzdálenosti mezi ZOD Tísek a výkupy v Opavě a Hlučíně lze konstatovat, že vzdálenosti lze v rámci výpočtu sjednotit na hodnotu 26 km pro obě místa. Za den tedy najímaná jízdní souprava urazila 156 km a doba čekání na nakládce a vykládce byla v průměru 3 h/den. Náklady na čekání budou tedy 600 Kč/den a při nájezdu 156 km/den vzrostou náklady na jeden kilometr o 3,85 Kč/km a budou tak, po zaokrouhlení, rovny 36 Kč/km. Z toho vyplývá, že služba, kterou je možno si koupit bude v prvním roce levnější o 34 Kč/km a v druhém až pátém roce bude levnější 77 Kč/km. Ovšem v šestém roce provozu, který již není zatížen odpisy, klesá cena za kilometr přepravy na hodnotu 28 Kč/km a náklady jsou v tomto roce nižší oproti najímané jízdní soupravě o 8 Kč/km. Protože se předpokládaný roční kilometrický proběh navrhované automobilové jízdní soupravy výrazně nemění, lze určit kilometrický proběh po šesti letech na 68 718 km, což je pro nákladní automobil nízká hodnota a proto lze předpokládat, že náklady na provoz, údržbu a opravy vozidla se ani po šesti letech výrazně nezvýší. Snížení ceny za kilometr přepravy lze v prvních pěti letech snížit poskytováním služeb, tím se ovšem zvýší kilometrický proběh soupravy a pravděpodobnost poruchy následkem vyššího opotřebení.

Porovnat automobilovou jízdní soupravu s traktorovou soupravou John Deere 8230 s návěsem MENGELE 20000 TA lze na základě ceny za hodinu práce jízdní soupravy, která zahrnuje i dobu čekání na nakládce a vykládce. Cena za hodinu práce opět kolísá vzhledem k odpisům, které tvoří významnou část celkové ceny. V prvním roce provozu je stanovena na 827 Kč/h, v následujících dvou letech je na hodnotě 1306 Kč/h a v dalších dvou letech je na hodnotě 1309 Kč/h. Zvýšení ceny z 1335 Kč/h na 1339 Kč/h je způsobeno odlišnou silniční daní. V šestém roce provozu již cena za hodinu práce klesá, díky skončeným odpisům, na hodnotu 333 Kč/h. Hodinová sazba traktoru John Deere 8230 s návěsem při dopravě je stanovena na částku 835 Kč/h za přepravu konanou pro podnik a na 1200 Kč/h za přepravu poskytovanou jako služba. Částka 835 Kč/h za přepravu pro podnik pokrývá náklady traktorové jízdní soupravy a je proto porovnatelná s cenou za hodinu práce automobilové jízdní soupravy. V prvním roce užívání je tedy automobilová jízdní souprava levnější o 8 Kč/h, v druhém a třetím roce, je díky zvýšeným odpisům dražší o 500 Kč/h, ve čtvrtém a pátém roce je dražší o 504 Kč/h. V šestém roce, který již není ovlivněn odpisy je cena za přepravu automobilovou jízdní soupravou levnější oproti traktorové jízdní soupravě o 502 Kč/h.

Tab. 4.6: Porovnání automobilové soupravy.

Číslo	Typ přepravy	Využití		Ztráta po 5 letech provozu [Kč]	Zisk v 6 roce provozu [Kč]	Návratnost [Roky]
		[km/rok]	[h/rok]			
1	Externí dopravce	11 453		3 922 314	89 700	49
	Traktorová jízdní souprava		969	1 938 311	486 501	9
2	Externí dopravce	42 500		724 184	729 326	6
	Traktorová jízdní souprava		1 600	720 184	730 126	6
3	Externí dopravce	58 000		0	976 546	1
	Traktorová jízdní souprava		2 400	0	1 176 466	1
4	Externí dopravce	8 486		3 073 277	57 446	58
5	Traktorová jízdní souprava		1 196	992 246	675 714	6

Tab. 4.6 uvádí různé využití jízdní soupravy během roku a srovnává je s cenami za přepravu pomocí alternativních dopravních prostředků. Tab. 4.6 je vytvořena mimo jiné pomocí přílohy 11.

Situace číslo 1 v tab. 4.6 (kilometrický proběh 11 453 *km/rok* a 969 *h/rok*) modeluje stav, kdy automobilová jízdní souprava, nebo traktorová jízdní souprava, nebo externí dopravce přepraví celý objem komodit přepravovaných v mimopodnikové dopravě ZOD Tísek a část objemů komodit přepravovaných ve vnitropodnikové dopravě ZOD Tísek. Roční kilometrický proběh a hodinové využití dopravních prostředků v této situaci odpovídají vypočteným hodnotám automobilové jízdní soupravy. Tyto hodnoty ovšem neberou v potaz odlišné technické rychlosti souprav a jejich užitečné zatížení. V této situaci je automobilová jízdní souprava za prvních pět let provozu ve ztrátě 3 922 314 Kč při srovnání s externím dopravcem. Od šestého roku provozu, kdy se již neplatí odpisy, je automobilová jízdní souprava ve srovnání s externím dopravcem v zisku 89 700 Kč a touto částkou vyrovná předchozí ztrátu za 49 let. Pokud je automobilová jízdní souprava srovnávána s traktorovou jízdní soupravou, pak při využití obou 969 *h/rok* v dopravě, je jízdní souprava za prvních pět let provozu ve ztrátě 1 938 311 Kč a svým ziskem 486 501 Kč od šestého roku vyrovná ztrátu za 9 let.

Situace číslo 2 v tab. 4.6 (kilometrický proběh 42 500 *km/rok* a 1 600 *h/rok*) modeluje stav, který ukazuje, jaký musí mít automobilová jízdní souprava kilometrický proběh za rok, nebo hodinové využití za rok, aby vyrovnala ztrátu proti externímu dopravci, nebo traktorové jízdní soupravě tak, aby automobilová jízdní souprava byla v zisku od šestého roku provozu. V této situaci je pomocí koeficientů, získaných z tab. 4.7, brán zřetel na jinou technickou rychlost a užitečnou hmotnost jednotlivých druhů dopravních prostředků. Tímto je při totožném objemu přepravy jiný kilometrický proběh respektive hodinové využití v dopravě.

Automobilová jízdní souprava, při srovnání s externím dopravcem, ztrátu 724 184 Kč za prvních pět let provozu překoná svým ziskem 729 326 Kč v šestém roce provozu. Automobilová jízdní souprava, při srovnání s traktorovou jízdní soupravou, ztrátu 720 184 Kč za prvních pět let provozu překoná svým ziskem 730 126 Kč v šestém roce provozu.

Tab. 4.7: Roční využití vybraných dopravních prostředků.

Druh	Užitečná hmotnost [t]	Technická rychlost [km/h]	Typ dopravy	Využití	
				[km/rok]	[h/rok]
Automobilová j.s.	26,5	55	1	8 806	-
Externí dopravce	28	55	1	8 486	-
Automobilová j.s.	26,5	55	2	-	969
Traktorová j.s.	15,2	32	2	-	1 196

1 - mimopodniková doprava; 2 - mimopodniková i vnitropodniková doprava

Situace číslo 3 v tab. 4.6 (kilometrický proběh 58 000 km/rok a 2 400 h/rok) modeluje stav, který ukazuje, jaký musí mít automobilová jízdní souprava kilometrický proběh za rok, nebo hodinové využití za rok, aby se nedostala do ztráty proti externímu dopravci, nebo traktorové jízdní soupravě v součtu prvních pěti let provozu a byla tak zisková již od začátku provozu. V této situaci je pomocí koeficientů, získaných z tab. 4.7, brán zřetel na jinou technickou rychlost a užitečnou hmotnost jednotlivých druhů dopravních prostředků. Tímto je při totožném objemu přepravy jiný kilometrický proběh respektive hodinové využití v dopravě.

Situace číslo 4 v tab. 4.6 (kilometrický proběh 8 486 km/rok) modeluje stav skutečného kilometrického proběhu externího dopravce při mimopodnikové dopravě v ZOD Tísek ve srovnání se skutečným kilometrickým proběhem automobilové jízdní soupravy přepravující stejný objemu přepravovaných komodit. Cena za kilometr přepravy automobilové jízdní soupravy je stanovena při využití ve vnitropodnikové i mimopodnikové dopravě. V této situaci je pomocí koeficientů, získaných z tab. 4.7, brán zřetel na jinou technickou rychlost a užitečnou hmotnost jednotlivých druhů dopravních prostředků.

Situace číslo 5 v tab. 4.6 (roční hodinové využití 1 196 h/rok) modeluje stav hodinového využití traktorové jízdní soupravy při mimopodnikové a vnitropodnikové dopravě v ZOD Tísek ve srovnání hodinovým využitím automobilové jízdní soupravy při stejném objemu přepravovaných komodit. V této situaci je pomocí koeficientů, získaných z tab. 4.7, brán zřetel na jinou technickou rychlost a užitečnou hmotnost jednotlivých druhů dopravních prostředků.

Tab. 4.8: Cena za kilometr nebo hodinu přepravy při různém ročním využití.

Doba provozu automobilové j.s.			1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok
Číslo	Roční využití	Jednotka	Cena za jednotku přepravy					
1	11 453	[Kč/km]	70	113	113	113	113	28
	969	[Kč/h]	827	1 335	1 335	1 339	1 339	333
2	42 500	[Kč/km]	29	40	40	40	40	17
	1 600	[Kč/h]	761	1 069	1 069	1 071	1 071	462
3	58 000	[Kč/km]	26	34	34	35	35	18
	2 400	[Kč/h]	628	833	833	834	834	428

\* Cena externího dopravce je 36 [Kč/km] a cena traktorové soupravy je v ZOD Tísek 835 [Kč/h]

Tab. 4.8 obsahuje cenu za jednotku přepravy při různém využití automobilové jízdní soupravy. Tab. 4.8 koresponduje s tab. 4.6, situace číslo 4 a 5 vycházejí z cen za jednotku přepravy v situaci číslo 1. Tab. 4.8 je vytvořena mimo jiné pomocí přílohy 11.

Ekonomické vyhodnocení ukázalo, že navrhnutá automobilová jízdní souprava se v podmínkách ZOD Tísek nevyplatí a to z toho důvodu, že ztrátu, kterou si vytvoří v letech zatíženými odpisy, by vyrovnala zisky v letech, které nejsou zatíženy odpisy, v porovnání s externím dopravcem za 58 let, pokud by byla všechna mimopodniková přeprava vykonávána externím dopravcem a v porovnání s traktorovou soupravou za necelých 7 let, pokud by traktorová doprava vykonávala všechnu mimopodnikovou přepravu a stanovenou část vnitropodnikové přepravy. Její využití je možné v zemědělských podnicích, ve kterých bude mít, při daných parametrech, kilometrický proběh alespoň 42 500 km/rok respektive bude využita alespoň 1 600 h/rok. Při ročním využití 58 000 km/rok a 2 400 h/rok se automobilová jízdní souprava nedostane do ztráty ani v letech provozu, které jsou zatíženy odpisy.



## 5 Závěry a doporučení.

Třínápravový nákladní automobil s dvounápravovým přívěsem vyhovují z hlediska provozních parametrů současným požadavkům dopravy v zemědělství. Protichůdné požadavky na jízdu po pozemních komunikacích a po poli upřednostňují systém dělené dopravy, kdy se po poli pohybují sklízeče a překládací vozy, které překládají sklizený materiál do dopravních prostředků vhodných pro jízdu na pozemních komunikacích. Především v takových podmínkách vynikne nákladní automobil, který je předmětem tohoto projektu. Během výpočtu se jím stalo vozidlo MAN TGS 6x4H/2 LL s přední poháněnou nápravou HydroDrive® s jednou poháněnou zadní nápravou a neřízenou předsazenou a zvedací zadní nápravou s jednoduchými montážemi terénních pneumatik a se vzduchovým odpružením na všech nápravách. Návrh uložení výměnných nástaveb na rámu zabezpečí kompatibilitu s vybranými druhy dostupných zemědělských nástaveb na nákladní automobily tak, aby byly splněny všechny konstrukční i legislativní požadavky. Jednoduchou manipulaci při výměně nástaveb zaručí vzduchové odpružení, které umožňuje změnu světlé výšky vozidla při výměně nástaveb. Ověření dynamických parametrů potvrdily správný výběr hnacího ústrojí, od výkonu motoru, přes převodovku a až po hnací nápravy. Takto navrhnutý nákladní automobil dosahuje maximální povolené rychlosti při ekonomických otáčkách motoru i v jízdní soupravě s dvounápravovým přívěsem, při celkové hmotnosti jízdní soupravy 43 t. Výpočtem je dokázáno, že PTO dodává dostatečný výkon pro pohon hydraulického systému, který zabezpečuje pohon sklápění sklápěcí nástavby a také pohon čerpadla vývěvy u cisternové nástavby a pohon rozmetací nástavby RM 16. Jsou navrhнуты objemy nástaveb tak, aby co nejlépe využily užitečnou hmotnost daného vozidla. Pokud bude vozidlo používáno jako aplikační (rozmetání statkových a minerálních hnojiv) je vhodné vyměnit pneumatiky za speciální, zemědělské tak, aby vozidlo vyvozovalo nízký kontaktní tlak na půdu. Také je vhodné vybavit vozidlo systémem navádění. V prostředí ZOD Tísek se nákladní automobil z ekonomického hlediska nevyplatí, jelikož návratnost investice je dlouhá. Vyplatí se zemědělskému podniku, kde bude mít roční využití 1 600 h/rok a kilometrický proběh 42 500 km/rok.

## 6 Použitá literatura.

- [1] ŠPELINA, M. a kol. *Řízení technologických procesů v zemědělském podniku*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1978. 229 s.
- [2] SYROVÝ, O. a kol. *Stroje a zařízení v živočišné výrobě*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1990. 333 s. ISBN 80-209-0104-3.
- [3] SYROVÝ, O. a kol. *Racionalizace manipulace s materiálem*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1983. 427 s.
- [4] SYROVÝ, O. a kol. *Doprava v zemědělství*. Praha : Profi Press, s.r.o., 2008. 14-202 s. ISBN 978-80-86726-30-4.
- [5] RÉDL, O. *Stroje a zariadenia*. Bratislava : Príroda, 1997. 347 s. ISBN 80-07-00888-8.
- [6] SYROVÝ, O. a kol. *Doprava v zemědělství*. Praha : Profi Press, s.r.o., 2008. 181-183 s. ISBN 978-80-86726-30-4.
- [7] *Fekální návstavy* [online]. 2010 [cit. 2010-03-3]. AgroStar Bohemia. Dostupné z WWW: <<http://www.agrostarbohemia.cz/cz/?section=products&page=stranka&id=15>>.
- [8] *Rozmetadla hnoje* [online]. 2005 [cit. 2010-05-13]. ZDT. Dostupné z WWW: <<http://www.zdt.cz/detailzbozi.aspx?IDZbozi=34>>.
- [9] *Sklápečková návstava EURO K2, K3* [online]. [cit. 2010-05-13]. Glocar s.r.o. Dostupné z WWW: <<http://www.glocar.vyrobce.cz/vyroba.html>>.
- [10] *Tandemový přívěs dvouosý* [online]. [cit. 2010-05-13]. Glocar s.r.o. Dostupné z WWW: <<http://www.glocar.vyrobce.cz/bgh18s.html>>.
- [11] MATĚJKA, R. *VOZIDLÁ SILNIČNÍ DOPRAVY I*. Bratislava : VYDAVATEĽSTVO TECHNICKEJ A EKONOMICKEJ LITERATÚRY, 1988. 213 s.
- [12] *Vehicle engines* [online]. [cit. 2010-01-13]. Dostupné z WWW: <[http://www.man-engines.com/datapool/mediapool/900/D2066\\_eng.pdf](http://www.man-engines.com/datapool/mediapool/900/D2066_eng.pdf)>.
- [13] *12 AS 2330 OD, 12 AS 2130 TO* [online]. cit. 2010-01-13]. Dostupné z WWW: <[www.zf.com/truck-transmission](http://www.zf.com/truck-transmission)>.
- [14] *PTO Configurator (TWIN)* [online]. [cit. 2010-01-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.man-bodybuilder.co.uk/pto/twin/Default.aspx>>.
- [15] *POMOCNÉ POHONY* [online]. Mnichov : MAN, 2007 [cit. 2009-12-13]. Dostupné z WWW: <[http://www.manted.de/manted/aufbaurichtlinien/\\_pdf/pomocnepohony\\_cz.pdf](http://www.manted.de/manted/aufbaurichtlinien/_pdf/pomocnepohony_cz.pdf)>.
- [16] *Road-vehicle transfer cases* [online]. Nuremberg : MAN, 2007 [cit. 2010-01-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.man.com.au/manau/assets/pdf/specs/componentry/Transfer%20Cases.pdf>>.
- [17] *Single and drive-through rear axles for road vehicles* [online]. Nuremberg : MAN, 2007 [cit. 2010-01-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.man.com.au/manau/assets/pdf/specs/componentry/Planetary-hub%20Rear%20Axles.pdf>>.
- [18] *Planetary-hub front axles for road vehicles* [online]. Nuremberg : MAN, 2007 [cit. 2010-01-13]. Dostupné z WWW:

- <<http://www.man.com.au/manau/assets/pdf/specs/componentry/VP%20VPD%20Steered%20and%20Driven%20Front%20Axles.pdf>>.
- [19] *TRUCKNOLOGY® GENERATION* [online]. Mnichov : MAN, 2007 [cit. 2009-12-13]. Dostupné z WWW: <[http://manted.mn.man.de/manted/aufbaurichtlinien/\\_pdf/tgs\\_tgx\\_cz.pdf](http://manted.mn.man.de/manted/aufbaurichtlinien/_pdf/tgs_tgx_cz.pdf)>.
- [20] BAUER, F. *TRAKTORY*. Praha : Profi Press, s.r.o., 2006. 192 s. ISBN 80-86726-15-0.
- [21] *Výměnný systém TC* [online]. 2008 [cit. 2010-02-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.stromexport.com/index.php?art=83>>.
- [22] *Vlastní výroba* [online]. [cit. 2010-05-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.parma.cz/parma-vlastni-vyroba.html>>.
- [23] *TGS 6x4 Rigid* [online]. Swindon : -, 2009 [cit. 2010-02-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.man-bodybuilder.co.uk/specs/pdf/TGS/TGS%206x4%20Rigid%200809.pdf>>.
- [24] *TGS 6x6* [online]. [cit. 2010-05-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.man-bodybuilder.co.uk/specs/pdf/TGS/TGS%206x4%20Rigid%200809.pdf>>.
- [25] *Strojní linky pro hnojení* [online]. Praha : VÚZT, 2005 [cit. 2010-02-14]. Dostupné z WWW: <[http://212.71.135.254/vuzt/poraden/prirucky/p2005\\_007.pdf](http://212.71.135.254/vuzt/poraden/prirucky/p2005_007.pdf)>. ISBN 80-86884-10-4.
- [26] *PTG* [online]. [cit. 2010-02-14]. Dostupné z WWW: <[http://www.ptg.info/Pages\\_E/03Products\\_Frame\\_engl.html](http://www.ptg.info/Pages_E/03Products_Frame_engl.html)>.
- [27] *GreenStar Lightbar* [online]. 2010 [cit. 2010-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://johndeeredistributor.cz/index.php/Zemedelska-technika/Produkty/AMS/Navadeci-systemy/GreenStar-Lightbar>>.
- [28] *Zemědělská doprava a legislativa v ČR a EU* [online]. [cit. 2009-12-14]. Dostupné z WWW: <[http://www.vuzt.cz/doc/energetika/leg\\_dop.pdf?menuid=186](http://www.vuzt.cz/doc/energetika/leg_dop.pdf?menuid=186)>.
- [29] NEJEDLÝ, P. *Multimodální přepravní systémy* [online]. - : -, - [cit. 2010-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.fd.cvut.cz/projects/k612x1mp/dokumenty/silnice-versus-kp.pdf>>.
- [30] HRUŠKA, P. *Technické a provozně-ekonomické možnosti přepravy obilovin*. Ostrava, 2008. 42 s. Bakalářská práce. VŠB-TUO.

## 7 Seznam příloh.

- Příloha 1: Údaje mimopodnikové dopravy ZOD Tísek.
- Příloha 2: Dynamika vozidla s celkovou hmotností 25 000 *kg*.
- Příloha 3: Hodnoty pro vytvoření charakteristiky rychlosti na čase  $v(t)$  vozidla s celkovou hmotností 25 000 *kg*.
- Příloha 4: Stoupavost vozidla s celkovou hmotností 25 000 *kg*.
- Příloha 5: Dynamika vozidla s celkovou hmotností 43 000 *kg*.
- Příloha 6: Hodnoty pro vytvoření charakteristiky  $v(t)$  vozidla s celkovou hmotností 43 000 *kg*.
- Příloha 7: Stoupavost vozidla s celkovou hmotností 43 000 *kg*.
- Příloha 8: Dynamika vozidla s celkovou hmotností 48 000 *kg*.
- Příloha 9: Hodnoty pro vytvoření charakteristiky rychlosti na čase  $v(t)$  vozidla s celkovou hmotností 48 000 *kg*.
- Příloha 10: Stoupavost vozidla s celkovou hmotností 48 000 *kg*.
- Příloha 11: Kalkulační vzorce pro různé roční využití konceptu.
- Příloha 12: Rozložení hmotnosti při vyprazdňování RM 16.

## Příloha 1: Údaje mimopodnikové dopravy ZOD Tísek.

Přepravené množství [t]	996	615	957	1 153	310	890	40	10
Cílové místo	Hlučín	Bilovec	Studénka	Opava	Olomouc	Opava	Rožnov	Březová
Vzdálenost [km]	26	6	13	26	76	18	52	18
<b>Automobilová jízdní souprava o užitečné hmotnosti 26,5 t</b>								
Počet obrátů	38	24	37	44	12	34	2	1
Ujetá vzdálenost [km]	1976	288	962	2288	1824	1224	208	36
Doba jízdy [h]	0,67	0,13	0,33	0,72	1,70	0,47	1,08	0,42
Doba nakl. a vykl. [h]	1	1	1	1	1	1	1	1
Celková doba jízdy [h]	217							
Nakl. a vykl. celkem [h]	188							
<b>Traktorová jízdní souprava o užitečné hmotnosti 15,2 t (Traktor + Mengele TA 20000)</b>								
Počet obrátů	66	41	63	76	21	59	3	1
Ujetá vzdálenost [km]	3432	492	1638	3952	3192	2124	312	36
Doba jízdy [h]	0,81	0,19	0,41	0,81	2,38	0,56	1,63	0,56
Doba nakl. a vykl. [h]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Celková doba jízdy [h]	365							
Nakl. a vykl. celkem [h]	164							
<b>Externí doprava o užitečné hmotnosti 28 t (Externí dopravce)</b>								
Počet obrátů	36	22	35	42	12	33	2	1
Ujetá vzdálenost [km]	1 872	264	910	2 184	1 824	1 188	208	36
Doba jízdy [h]	0,67	0,13	0,33	0,72	1,70	0,47	1,08	0,42
Doba nakl. a vykl. [h]	1	1	1	1	1	1	1	1
Celková doba jízdy [h]	206							
Nakl. a vykl. celkem [h]	177							
<b>Jízdní souprava, MTSP 27 + přívěs, o užitečné hmotnosti 16 t.</b>								
Počet obrátů	63	39	60	73	20	56	3	1
Ujetá vzdálenost [km]	3276	468	1560	3796	3040	2016	312	36
Doba jízdy [h]	0,67	0,13	0,33	0,72	1,70	0,47	1,08	0,42
Doba nakl. a vykl. [h]	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Celková doba jízdy [h]	360							
Nakl. a vykl. celkem [h]	207							
<b>Jízdní souprava, Tatra 815 6x6 + přívěs, o užitečné hmotnosti 20 t.</b>								
Počet obrátů	50	31	48	58	16	45	2	1
Ujetá vzdálenost [km]	2600	372	1248	3016	2432	1620	208	36
Doba jízdy [h]	0,67	0,13	0,33	0,72	1,70	0,47	1,08	0,42
Doba nakl. a vykl. [h]	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Celková doba jízdy [h]	288							
Nakl. a vykl. celkem [h]	166							

## Příloha 2: Dynamika vozidla s celkovou hmotností 25 000 kg.

Převodové poměry

$i_I =$	12,33	$G =$	245250 N
$i_{II} =$	9,59	$r =$	0,522 m
$i_{III} =$	7,44	$m =$	25000 kg
$i_{IV} =$	5,78	$g =$	9,81 m.s <sup>-2</sup>
$i_V =$	4,56	$S =$	9 m <sup>2</sup>
$i_{VI} =$	3,55	$c_x =$	0,9
$i_{VII} =$	2,7	$\eta =$	0,97
$i_{VIII} =$	2,1	$f =$	0,015 pro V<50 km/h
$i_{IX} =$	1,63		0,15 pro V<50 km/h
$i_X =$	1,27		
$i_{XI} =$	1		
$i_{XII} =$	0,78		
$i_0 =$	4,028		6,608

	n [min <sup>-1</sup> ]	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
	M <sub>t</sub> [N.m]	2100	2100	2100	2100	2100	1990	1890	1790	1690	1600
I°	F <sub>k</sub> [N]	193809	193809	193809	193809	193809	183657	174428	165199	155970	147664
	v [km/h]	4,0	4,4	4,8	5,2	5,5	5,9	6,3	6,7	7,1	7,5
	v [m/s]	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
	O <sub>v</sub> [N]	6,4	7,7	9,2	10,7	12,5	14,3	16,3	18,4	20,6	23,0
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,790	0,790	0,790	0,790	0,790	0,749	0,711	0,674	0,636	0,602
	a [m/s <sup>2</sup> ]	3,042	3,042	3,042	3,042	3,042	2,879	2,732	2,584	2,436	2,303
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,347	0,366	0,387	0,410	0,434
II°	F <sub>k</sub> [N]	150740	150740	150740	150740	150740	142844	135666	128488	121310	114850
	v [km/h]	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,7	9,2	9,7
	v [m/s]	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7
	O <sub>v</sub> [N]	10,5	12,7	15,1	17,8	20,6	23,7	26,9	30,4	34,1	37,9
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,615	0,615	0,615	0,615	0,615	0,582	0,553	0,524	0,494	0,468
	a [m/s <sup>2</sup> ]	2,451	2,451	2,451	2,451	2,451	2,319	2,199	2,080	1,960	1,852
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,408	0,408	0,408	0,408	0,408	0,431	0,455	0,481	0,510	0,540
III°	F <sub>k</sub> [N]	116945	116945	116945	116945	116945	110820	105251	99682	94113	89101
	v [km/h]	6,6	7,2	7,9	8,5	9,2	9,9	10,5	11,2	11,8	12,5
	v [m/s]	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5
	O <sub>v</sub> [N]	17,5	21,1	25,1	29,5	34,2	39,3	44,7	50,5	56,6	63,0
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,477	0,477	0,477	0,477	0,477	0,452	0,429	0,406	0,384	0,363
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,970	1,969	1,969	1,969	1,969	1,863	1,766	1,669	1,572	1,485
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,508	0,508	0,508	0,508	0,508	0,537	0,566	0,599	0,636	0,674
IV°	F <sub>k</sub> [N]	90853	90853	90853	90853	90853	86094	81767	77441	73115	69221

	v [km/h]	8,5	9,3	10,1	11,0	11,8	12,7	13,5	14,4	15,2	16,1
	v [m/s]	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,5
	O <sub>v</sub> [N]	28,9	35,0	41,7	48,9	56,7	65,1	74,1	83,6	93,8	104,5
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,370	0,370	0,370	0,370	0,370	0,351	0,333	0,315	0,298	0,282
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,584	1,584	1,584	1,584	1,584	1,497	1,418	1,340	1,261	1,190
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,631	0,631	0,631	0,631	0,631	0,668	0,705	0,746	0,793	0,840
V°	F <sub>k</sub> [N]	71676	71676	71676	71676	71676	67922	64509	61095	57682	54610
	v [km/h]	10,7	11,8	12,9	13,9	15,0	16,1	17,1	18,2	19,3	20,4
	v [m/s]	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7
	O <sub>v</sub> [N]	46,5	56,3	66,9	78,6	91,1	104,6	119,0	134,4	150,6	167,8
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,292	0,292	0,292	0,292	0,292	0,277	0,263	0,249	0,235	0,222
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,282	1,282	1,282	1,281	1,281	1,210	1,145	1,081	1,016	0,958
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,826	0,873	0,925	0,984	1,044
VI°	F <sub>k</sub> [N]	55801	55801	55801	55801	55801	52878	50220	47563	44906	42515
	v [km/h]	13,8	15,1	16,5	17,9	19,3	20,6	22,0	23,4	24,8	26,1
	v [m/s]	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,7	6,1	6,5	6,9	7,3
	O <sub>v</sub> [N]	76,7	92,8	110,5	129,6	150,3	172,6	196,4	221,7	248,5	276,9
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,227	0,227	0,227	0,227	0,227	0,215	0,204	0,193	0,182	0,172
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,157	1,156	1,156	1,155	1,155	1,089	1,030	0,970	0,911	0,857
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,865	0,865	0,865	0,866	0,866	0,918	0,971	1,031	1,098	1,167
VII°	F <sub>k</sub> [N]	42440	42440	42440	42440	42440	40217	38196	36175	34154	32335
	v [km/h]	18,1	19,9	21,7	23,5	25,3	27,1	29,0	30,8	32,6	34,4
	v [m/s]	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,6
	O <sub>v</sub> [N]	132,6	160,5	191,0	224,1	259,9	298,4	339,5	383,2	429,7	478,7
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,173	0,172	0,172	0,172	0,172	0,163	0,154	0,146	0,138	0,130
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,966	0,965	0,964	0,963	0,963	0,906	0,854	0,803	0,751	0,704
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,036	1,036	1,037	1,038	1,039	1,104	1,170	1,246	1,331	1,420
VIII°	F <sub>k</sub> [N]	33009	33009	33009	33009	33009	31280	29708	28136	26564	25150
	v [km/h]	23,3	25,6	27,9	30,2	32,6	34,9	37,2	39,6	41,9	44,2
	v [m/s]	6,5	7,1	7,8	8,4	9,0	9,7	10,3	11,0	11,6	12,3
	O <sub>v</sub> [N]	219,2	265,2	315,7	370,5	429,7	493,2	561,2	633,5	710,2	791,3
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,134	0,134	0,133	0,133	0,133	0,126	0,119	0,112	0,105	0,099
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,832	0,830	0,829	0,827	0,826	0,775	0,728	0,681	0,634	0,591
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,202	1,204	1,206	1,209	1,211	1,291	1,374	1,469	1,578	1,693
IX°	F <sub>k</sub> [N]	25621	25621	25621	25621	25621	24279	23059	21839	20619	19521
	v [km/h]	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	56,9

	v [m/s]	8,3	9,2	10,0	10,8	11,7	12,5	13,3	14,2	15,0	15,8
	O <sub>v</sub> [N]	363,9	440,3	523,9	614,9	713,1	818,7	931,5	1051,5	1178,9	1313,5
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,01509 3	0,01538 5	0,01567 8
	p [-]	0,103	0,103	0,102	0,102	0,102	0,096	0,090	0,085	0,079	0,074
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,719	0,717	0,714	0,711	0,708	0,659	0,615	0,570	0,522	0,479
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,390	1,395	1,401	1,407	1,413	1,517	1,626	1,756	1,915	2,089
X°	F <sub>k</sub> [N]	19962	19962	19962	19962	19962	18917	17966	17016	16065	15209
	v [km/h]	38,5	42,3	46,2	50,0	53,9	57,7	61,6	65,4	69,2	73,1
	v [m/s]	10,7	11,8	12,8	13,9	15,0	16,0	17,1	18,2	19,2	20,3
	O <sub>v</sub> [N]	599,4	725,2	863,1	1012,9	1174,8	1348,6	1534,4	1732,2	1941,9	2163,7
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,01537 6	0,01575 1	0,01612 6	0,01650 1	0,01687 6	0,01725 2
	p [-]	0,079	0,078	0,078	0,077	0,077	0,072	0,067	0,062	0,058	0,053
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,570	0,566	0,561	0,555	0,546	0,498	0,454	0,409	0,363	0,321
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,753	1,768	1,783	1,801	1,831	2,007	2,204	2,447	2,754	3,120
XI°	F <sub>k</sub> [N]	15718	15718	15718	15718	15718	14895	14147	13398	12650	11976
	v [km/h]	48,9	53,7	58,6	63,5	68,4	73,3	78,2	83,1	87,9	92,8
	v [m/s]	13,6	14,9	16,3	17,6	19,0	20,4	21,7	23,1	24,4	25,8
	O <sub>v</sub> [N]	966,7	1169,7	1392,1	1633,8	1894,8	2175,1	2474,8	2793,8	3132,2	3489,9
	f [-]	0,015	0,01536 5	0,01584 1	0,01631 8	0,01679 4	0,01727	0,01774 7	0,01822 3	0,01869 9	0,01917 6
	p [-]	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,052	0,048	0,043	0,039	0,035
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,422	0,411	0,398	0,384	0,370	0,323	0,279	0,234	0,188	0,144
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	2,371	2,435	2,514	2,603	2,705	3,094	3,586	4,279	5,323	6,938
XII°	F <sub>k</sub> [N]	12260	12260	12260	12260	12260	11618	11034	10451	9867	9341
	v [km/h]	62,6	68,9	75,2	81,4	87,7	94,0	100,2	106,5	112,7	119,0
	v [m/s]	17,4	19,1	20,9	22,6	24,4	26,1	27,8	29,6	31,3	33,1
	O <sub>v</sub> [N]	1589,0	1922,6	2288,1	2685,3	3114,3	3575,1	4067,7	4592,1	5148,2	5736,1
	f [-]	0,01623 2	0,01684 3	0,01745 3	0,01806 4	0,01867 5	0,01928 6	0,01989 6	0,02050 7	0,02111 8	0,02172 8
	p [-]	0,044	0,042	0,041	0,039	0,037	0,033	0,028	0,024	0,019	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,243	0,226	0,207	0,187	0,166	0,120	0,076	0,030	-0,017	-0,063
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	4,110	4,430	4,831	5,345	6,023	8,300	13,176	33,168	-59,702	-15,954



**Příloha 3: Hodnoty pro vytvoření charakteristiky  $v(t)$  vozidla s celkovou hmotností 25 000 kg.**

I°	v [km/h]	0,000	3,962	4,359	4,755	5,151	5,547	5,944	6,340	6,736	7,132	7,529	7,132
	v [m/s]	0,000	1,101	1,211	1,321	1,431	1,541	1,651	1,761	1,871	1,981	2,091	1,981
	Ov [N]	0,000	6,359	7,694	9,157	10,746	12,463	14,307	16,278	18,377	20,602	22,955	20,602
	f [-]	0,000	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,000	3,042	3,042	3,042	3,042	3,042	2,879	2,732	2,584	2,436	2,303	2,451
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,000	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,347	0,366	0,387	0,410	0,434	0,408
	Δt [s]	0,000	0,500	0,036	0,036	0,036	0,036	0,038	0,040	0,043	0,045	0,048	1,000
	t [s]	0,000	0,500	0,536	0,572	0,609	0,645	0,683	0,723	0,766	0,811	0,859	1,859

II°	v [km/h]	7,132	7,642	8,151	8,661	9,170	9,680	9,193
	v [m/s]	1,981	2,123	2,264	2,406	2,547	2,689	2,554
	Ov [N]	20,602	23,651	26,909	30,378	34,057	37,946	34,230
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	2,451	2,319	2,199	2,080	1,960	1,852	1,969
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,408	0,431	0,455	0,481	0,510	0,540	0,508
	Δt [s]	0,000	0,061	0,064	0,068	0,072	0,076	1,000
	t [s]	1,859	1,920	1,984	2,052	2,124	2,201	3,201

III°	v [km/h]	9,193	9,850	10,507	11,163	11,820	12,477	11,834
	v [m/s]	2,554	2,736	2,919	3,101	3,283	3,466	3,287
	Ov [N]	34,230	39,295	44,709	50,472	56,585	63,047	56,715
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,969	1,863	1,766	1,669	1,572	1,485	1,584
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,508	0,537	0,566	0,599	0,636	0,674	0,631
	Δt [s]	0,000	0,098	0,103	0,109	0,116	0,123	1,000
	t [s]	3,201	3,299	3,402	3,511	3,627	3,750	4,750

IV°	v [km/h]	11,834	12,679	13,524	14,370	15,215	16,060	15,060
	v [m/s]	3,287	3,522	3,757	3,992	4,226	4,461	4,167
	Ov [N]	56,715	65,107	74,077	83,626	93,754	104,460	91,123
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,584	1,497	1,418	1,340	1,261	1,190	1,281
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,631	0,668	0,705	0,746	0,793	0,840	0,780
	Δt [s]	0,000	0,157	0,166	0,175	0,186	0,197	1,000
	t [s]	4,750	4,907	5,073	5,248	5,434	5,632	6,632

V°	v [km/h]	15,060	16,071	17,143	18,214	19,285	20,357	19,267
	v [m/s]	4,167	4,464	4,762	5,059	5,357	5,655	5,352
	Ov [N]	91,123	104,605	119,017	134,359	150,631	167,833	150,349
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,281	1,210	1,145	1,081	1,016	0,958	1,155
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,780	0,826	0,873	0,925	0,984	1,044	0,866
	Δt [s]	0,000	0,246	0,260	0,275	0,293	0,311	1,000
	t [s]	6,632	6,877	7,137	7,413	7,706	8,016	9,016

VI°	v [km/h]	19,267	20,644	22,020	23,396	24,772	26,149	25,333
	v [m/s]	5,352	5,734	6,117	6,499	6,881	7,263	7,037
	Ov [N]	150,3	172,594	196,374	221,687	248,535	276,917	259,913

		49						
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,155	1,089	1,030	0,970	0,911	0,857	0,963
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,866	0,918	0,971	1,031	1,098	1,167	1,039
	Δt [s]	0,000	0,351	0,371	0,394	0,420	0,446	1,000
	t [s]	9,016	9,367	9,738	10,132	10,552	10,998	11,998

VII°	v [km/h]	25,33 3	27,143	28,952	30,762	32,571	34,381	33,681
	v [m/s]	7,037	7,540	8,042	8,545	9,048	9,550	9,356
	Ov [N]	259,9 13	298,370	339,478	383,239	429,652	478,718	429,652
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,963	0,906	0,854	0,803	0,751	0,704	0,751
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,039	1,104	1,170	1,246	1,331	1,420	1,331
	Δt [s]	0,000	0,555	0,588	0,626	0,669	0,714	1,000
	t [s]	11,99 8	12,553	13,141	13,767	14,437	15,150	16,150

VIII°	v [km/h]	33,68 1	34,898	37,224	39,551	41,877	44,204	43,760
	v [m/s]	9,356	9,694	10,340	10,986	11,633	12,279	12,156
	Ov [N]	429,6 52	493,223	561,179	633,518	710,242	791,350	713,150
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,751	0,775	0,728	0,681	0,634	0,591	0,708
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,331	1,291	1,374	1,469	1,578	1,693	1,413
	Δt [s]	0,000	0,436	0,888	0,949	1,020	1,094	1,000
	t [s]	16,15 0	16,587	17,475	18,424	19,444	20,538	21,538

IX°	v [km/h]	43,76 0	44,960	47,957	50,955	53,952	56,949	56,440
	v [m/s]	12,15 6	12,489	13,321	14,154	14,987	15,819	15,678
	Ov [N]	713,1 50	818,667	931,461	1051,53 2	1178,88 0	1313,50 5	1174,75 8
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,016	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,708	0,659	0,615	0,570	0,522	0,479	0,546
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,413	1,517	1,626	1,756	1,915	2,089	1,831
	Δt [s]	0,000	0,506	1,354	1,462	1,594	1,739	1,000
	t [s]	21,53 8	22,043	23,397	24,859	26,454	28,193	29,193

X°	v [km/h]	56,44 0	57,705	61,552	65,398	69,245	73,092	72,290
	v [m/s]	15,67 8	16,029	17,098	18,166	19,235	20,303	20,081
	Ov [N]	1174, 758	1348,57 4	1534,37 8	1732,16 9	1941,94 7	2163,71 3	1922,63 1
	f [-]	0,015	0,016	0,016	0,017	0,017	0,017	0,017
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,546	0,498	0,454	0,409	0,363	0,321	0,226
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,831	2,007	2,204	2,447	2,754	3,120	4,430
	Δt [s]	0,000	0,705	2,355	2,615	2,943	3,334	1,000
	t [s]	29,19 3	29,897	32,253	34,868	37,811	41,145	42,145

XI°	v [km/h]	72,29 0	73,285	78,170	83,056	87,942	92,827	92,000
	v [m/s]	20,08 1	20,357	21,714	23,071	24,428	25,785	25,556
	Ov [N]	1922, 631	2175,11 6	2474,79 8	2793,81 5	3132,16 6	3489,85 2	3132,16 6
	f [-]	0,017	0,017	0,018	0,018	0,019	0,019	0,019

	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,226	0,323	0,279	0,234	0,188	0,144	0,188
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	4,430	3,094	3,586	4,279	5,323	6,938	5,323
	Δt [s]	0,000	0,855	4,867	5,807	7,224	9,416	1,000
	t [s]	42,14 5	43,000	47,867	53,674	60,898	70,314	71,314

XII°	v [km/h]	92,00 0	93,955	100,218	106,482
	v [m/s]	25,55 6	26,099	27,838	29,578
	Ov [N]	3132, 166	3575,14 1	4067,71 5	4592,06 9
	f [-]	0,019	0,019	0,020	0,021
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,188	0,120	0,076	0,030
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	5,323	8,300	13,176	33,168
	Δt [s]	0,000	4,507	22,926	57,709
	t [s]	71,31 4	75,821	98,747	156,455

**Příloha 4: Stoupavost vozidla s celkovou hmotností 25 000 kg.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n [1/s]	16,67	18,33	20,00	21,67	23,33	25,00	26,67	28,33	30,00	31,67
n [1/min]	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
M <sub>t</sub> [Nm]	2100	2100	2100	2100	2100	1990	1890	1790	1690	1600
i <sub>I</sub> =	12,33	i <sub>0</sub> =	4,028	h =	0,97	r =	0,522 m			I°
F <sub>k</sub> [N]	193809	193809	193809	193809	193809	183657	174428	165199	155970	147664
v [m/s]	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09
v [km/h]	3,96	4,36	4,75	5,15	5,55	5,94	6,34	6,74	7,13	7,53
Ov [N]	6	8	9	11	12	14	16	18	21	23
Of [N]	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679
Of+Ov [N]	3685	3686	3688	3689	3691	3693	3695	3697	3699	3702
Of+Ov+Os 4,5% [N]	14697	14698	14700	14701	14703	14705	14707	14709	14711	14713
Of+Ov+Os 6% [N]	18351	18352	18354	18355	18357	18359	18361	18363	18365	18368
Of+Ov+Os 12% [N]	32894	32896	32897	32899	32900	32902	32904	32906	32909	32911
Of+Ov+Os 100% [N]	177101	177103	177104	177106	177107	177109	177111	177113	177116	177118
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
i <sub>II</sub> =	9,59	i <sub>0</sub> =	4,028	h =	0,97	r =	0,522 m			II°
F <sub>k</sub> [N]	150740	150740	150740	150740	150740	142844	135666	128488	121310	114850
v [m/s]	1,42	1,56	1,70	1,84	1,98	2,12	2,26	2,41	2,55	2,69
v [km/h]	5,09	5,60	6,11	6,62	7,13	7,64	8,15	8,66	9,17	9,68
Ov [N]	11	13	15	18	21	24	27	30	34	38
Of [N]	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679
Of+Ov [N]	3689	3691	3694	3697	3699	3702	3706	3709	3713	3717
Of+Ov+Os 4,5% [N]	14701	14703	14706	14708	14711	14714	14717	14721	14725	14728
Of+Ov+Os 6% [N]	18355	18357	18360	18362	18365	18368	18372	18375	18379	18383
Of+Ov+Os 12% [N]	32899	32901	32903	32906	32909	32912	32915	32918	32922	32926
Of+Ov+Os 100% [N]	177106	177108	177110	177113	177116	177119	177122	177125	177129	177133
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
i <sub>III</sub> =	7,44	i <sub>0</sub> =	4,028	h =	0,97	r =	0,522 m			III°
F <sub>k</sub> [N]	116945	116945	116945	116945	116945	110820	105251	99682	94113	89101
v [m/s]	1,82	2,01	2,19	2,37	2,55	2,74	2,92	3,10	3,28	3,47
v [km/h]	6,57	7,22	7,88	8,54	9,19	9,85	10,51	11,16	11,82	12,48
Ov [N]	17	21	25	30	34	39	45	50	57	63
Of [N]	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679
Of+Ov [N]	3696	3700	3704	3708	3713	3718	3723	3729	3735	3742
Of+Ov+Os 4,5% [N]	14708	14712	14716	14720	14725	14730	14735	14741	14747	14754
Of+Ov+Os 6% [N]	18362	18366	18370	18374	18379	18384	18389	18395	18401	18408
Of+Ov+Os 12% [N]	32905	32909	32913	32918	32922	32927	32933	32938	32945	32951
Of+Ov+Os 100% [N]	177112	177116	177120	177125	177129	177134	177140	177145	177152	177158
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
i <sub>IV</sub> =	5,78	i <sub>0</sub> =	4,028	h =	0,97	r =	0,522 m			IV°
F <sub>k</sub> [N]	90853	90853	90853	90853	90853	86094	81767	77441	73115	69221
v [m/s]	2,35	2,58	2,82	3,05	3,29	3,52	3,76	3,99	4,23	4,46
v [km/h]	8,45	9,30	10,14	10,99	11,83	12,68	13,52	14,37	15,21	16,06
Ov [N]	29	35	42	49	57	65	74	84	94	104
Of [N]	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679
Of+Ov [N]	3708	3714	3720	3728	3735	3744	3753	3762	3773	3783

Of+Ov+Os 4,5% [N]	14719	14725	14732	14739	14747	14756	14765	14774	14784	14795
Of+Ov+Os 6% [N]	18374	18380	18386	18394	18401	18410	18419	18428	18438	18449
Of+Ov+Os12% [N]	32917	32923	32930	32937	32945	32953	32962	32972	32982	32992
Of+Ov+Os 100% [N]	177124	177130	177137	177144	177152	177160	177169	177179	177189	177199
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_v =$	4,56	$i_0 =$	4,028	$h =$	0,97	$r =$	0,522	m		V°
$F_k$ [N]	71676	71676	71676	71676	71676	67922	64509	61095	57682	54610
$v$ [m/s]	2,98	3,27	3,57	3,87	4,17	4,46	4,76	5,06	5,36	5,65
$v$ [km/h]	10,71	11,79	12,86	13,93	15,00	16,07	17,14	18,21	19,29	20,36
Ov [N]	46	56	67	79	91	105	119	134	151	168
Of [N]	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679
Of+Ov [N]	3725	3735	3746	3757	3770	3783	3798	3813	3829	3847
Of+Ov+Os 4,5% [N]	14737	14747	14757	14769	14782	14795	14809	14825	14841	14858
Of+Ov+Os 6% [N]	18391	18401	18412	18423	18436	18449	18464	18479	18495	18513
Of+Ov+Os12% [N]	32935	32944	32955	32967	32979	32993	33007	33022	33039	33056
Of+Ov+Os 100% [N]	177142	177151	177162	177174	177186	177200	177214	177229	177246	177263
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_{VI} =$	3,55	$i_0 =$	4,028	$h =$	0,97	$r =$	0,522	m		VI°
$F_k$ [N]	55801	55801	55801	55801	55801	52878	50220	47563	44906	42515
$v$ [m/s]	3,82	4,21	4,59	4,97	5,35	5,73	6,12	6,50	6,88	7,26
$v$ [km/h]	13,76	15,14	16,51	17,89	19,27	20,64	22,02	23,40	24,77	26,15
Ov [N]	77	93	110	130	150	173	196	222	249	277
Of [N]	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679
Of+Ov [N]	3755	3772	3789	3808	3829	3851	3875	3900	3927	3956
Of+Ov+Os 4,5% [N]	14767	14783	14801	14820	14841	14863	14887	14912	14939	14967
Of+Ov+Os 6% [N]	18421	18438	18455	18474	18495	18517	18541	18566	18593	18622
Of+Ov+Os12% [N]	32965	32981	32998	33018	33038	33061	33084	33110	33137	33165
Of+Ov+Os 100% [N]	177172	177188	177205	177225	177245	177268	177291	177317	177344	177372
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_{VII} =$	2,7	$i_0 =$	4,028	$h =$	0,97	$r =$	0,522	m		VII°
$F_k$ [N]	42440	42440	42440	42440	42440	40217	38196	36175	34154	32335
$v$ [m/s]	5,03	5,53	6,03	6,53	7,04	7,54	8,04	8,54	9,05	9,55
$v$ [km/h]	18,10	19,90	21,71	23,52	25,33	27,14	28,95	30,76	32,57	34,38
Ov [N]	133	160	191	224	260	298	339	383	430	479
Of [N]	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679
Of+Ov [N]	3811	3839	3870	3903	3939	3977	4018	4062	4108	4157
Of+Ov+Os 4,5% [N]	14823	14851	14881	14915	14950	14989	15030	15074	15120	15169
Of+Ov+Os 6% [N]	18477	18505	18536	18569	18605	18643	18684	18728	18774	18823
Of+Ov+Os12% [N]	33021	33048	33079	33112	33148	33186	33228	33271	33318	33367
Of+Ov+Os 100% [N]	177228	177255	177286	177319	177355	177393	177435	177478	177525	177574
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_{VIII} =$	2,1	$i_0 =$	4,028	$h =$	0,97	$r =$	0,522	m		VIII°
$F_k$ [N]	33009	33009	33009	33009	33009	31280	29708	28136	26564	25150
$v$ [m/s]	6,46	7,11	7,76	8,40	9,05	9,69	10,34	10,99	11,63	12,28
$v$ [km/h]	23,27	25,59	27,92	30,24	32,57	34,90	37,22	39,55	41,88	44,20
Ov [N]	219	265	316	370	430	493	561	634	710	791
Of [N]	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679
Of+Ov [N]	3898	3944	3994	4049	4108	4172	4240	4312	4389	4470
Of+Ov+Os 4,5% [N]	14910	14956	15006	15061	15120	15184	15252	15324	15401	15482
Of+Ov+Os 6% [N]	18564	18610	18660	18715	18774	18838	18906	18978	19055	19136
Of+Ov+Os12% [N]	33107	33153	33204	33258	33318	33381	33449	33522	33598	33679

Of+Ov+Os 100% [N]	177314	177360	177411	177465	177525	177588	177656	177729	177805	177886
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_{IX} =$	1,63	$i_0 =$	4,028	$h =$	0,97	$r =$	0,522 m			$IX^\circ$
$F_k$ [N]	25621	25621	25621	25621	25621	24279	23059	21839	20619	19521
$v$ [m/s]	8,33	9,16	9,99	10,82	11,66	12,49	13,32	14,15	14,99	15,82
$v$ [km/h]	29,97	32,97	35,97	38,97	41,96	44,96	47,96	50,95	53,95	56,95
Ov [N]	364	440	524	615	713	819	931	1052	1179	1314
Of [N]	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3702	3773	3845
Of+Ov [N]	4043	4119	4203	4294	4392	4497	4610	4753	4952	5158
Of+Ov+Os 4,5% [N]	15054	15131	15214	15305	15404	15509	15622	15765	15964	16170
Of+Ov+Os 6% [N]	18709	18785	18869	18960	19058	19163	19276	19419	19618	19824
Of+Ov+Os12% [N]	33252	33328	33412	33503	33601	33707	33819	33962	34161	34368
Of+Ov+Os 100% [N]	177459	177535	177619	177710	177808	177914	178026	178169	178368	178575
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,016
$i_X =$	1,27	$i_0 =$	4,028	$h =$	0,97	$r =$	0,522 m			$X^\circ$
$F_k$ [N]	19962	19962	19962	19962	19962	18917	17966	17016	16065	15209
$v$ [m/s]	10,69	11,75	12,82	13,89	14,96	16,03	17,10	18,17	19,23	20,30
$v$ [km/h]	38,47	42,32	46,16	50,01	53,86	57,70	61,55	65,40	69,25	73,09
Ov [N]	599	725	863	1013	1175	1349	1534	1732	1942	2164
Of [N]	3679	3679	3679	3679	3771	3863	3955	4047	4139	4231
Of+Ov [N]	4278	4404	4542	4692	4946	5212	5489	5779	6081	6395
Of+Ov+Os 4,5% [N]	15290	15416	15554	15703	15957	16223	16501	16791	17093	17406
Of+Ov+Os 6% [N]	18944	19070	19208	19358	19612	19878	20155	20445	20747	21061
Of+Ov+Os12% [N]	33487	33613	33751	33901	34155	34421	34699	34988	35290	35604
Of+Ov+Os 100% [N]	177694	177820	177958	178108	178362	178628	178906	179195	179497	179811
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,016	0,016	0,017	0,017	0,017
$i_{XI} =$	1	$i_0 =$	4,028	$h =$	0,97	$r =$	0,522 m			$XI^\circ$
$F_k$ [N]	15718	15718	15718	15718	15718	14895	14147	13398	12650	11976
$v$ [m/s]	13,57	14,93	16,29	17,64	19,00	20,36	21,71	23,07	24,43	25,79
$v$ [km/h]	48,86	53,74	58,63	63,51	68,40	73,28	78,17	83,06	87,94	92,83
Ov [N]	967	1170	1392	1634	1895	2175	2475	2794	3132	3490
Of [N]	3679	3768	3885	4002	4119	4236	4352	4469	4586	4703
Of+Ov [N]	4645	4938	5277	5636	6013	6411	6827	7263	7718	8193
Of+Ov+Os 4,5% [N]	15657	15950	16289	16647	17025	17422	17839	18275	18730	19204
Of+Ov+Os 6% [N]	19311	19604	19943	20302	20679	21077	21493	21929	22384	22859
Of+Ov+Os12% [N]	33855	34147	34486	34845	35223	35620	36036	36472	36927	37402
Of+Ov+Os 100% [N]	178062	178354	178693	179052	179430	179827	180243	180679	181134	181609
f [-]	0,015	0,015	0,016	0,016	0,017	0,017	0,018	0,018	0,019	0,019
$i_{XII} =$	0,78	$i_0 =$	4,028	$h =$	0,97	$r =$	0,522 m			$XII^\circ$
$F_k$ [N]	12260	12260	12260	12260	12260	11618	11034	10451	9867	9341
$v$ [m/s]	17,40	19,14	20,88	22,62	24,36	26,10	27,84	29,58	31,32	33,06
$v$ [km/h]	62,64	68,90	75,16	81,43	87,69	93,95	100,22	106,48	112,75	119,01
Ov [N]	1589	1923	2288	2685	3114	3575	4068	4592	5148	5736
Of [N]	3981	4131	4280	4430	4580	4730	4880	5029	5179	5329
Of+Ov [N]	5570	6053	6569	7116	7694	8305	8947	9621	10327	11065
Of+Ov+Os 4,5% [N]	16582	17065	17580	18127	18706	19317	19959	20633	21339	22077
Of+Ov+Os 6% [N]	20236	20719	21235	21782	22360	22971	23613	24287	24993	25731
Of+Ov+Os12% [N]	34779	35263	35778	36325	36904	37514	38157	38831	39537	40274
Of+Ov+Os 100% [N]	178986	179470	179985	180532	181111	181721	182364	183038	183744	184481
f [-]	0,016	0,017	0,017	0,018	0,019	0,019	0,020	0,021	0,021	0,022

## Příloha 5: Dynamika vozidla s celkovou hmotností 43 000 kg.

Převodové poměry

$i_I =$	12,33	$G =$	421830 N
$i_{II} =$	9,59	$r =$	0,522 m
$i_{III} =$	7,44	$m =$	43000 kg
$i_{IV} =$	5,78	$g =$	9,81 m.s <sup>-2</sup>
$i_V =$	4,56	$S =$	9 m <sup>2</sup>
$i_{VI} =$	3,55	$c_x =$	0,9
$i_{VII} =$	2,7	$\eta =$	0,97
$i_{VIII} =$	2,1	$f =$	0,015 pro V<50 km/h
$i_{IX} =$	1,63		0,15 pro V<50 km/h
$i_X =$	1,27		
$i_{XI} =$	1		
$i_{XII} =$	0,78		
$i_0 =$	4,028		6,608

	n [min <sup>-1</sup> ]	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
	M <sub>t</sub> [N.m]	2100	2100	2100	2100	2100	1990	1890	1790	1690	1600
I°	F <sub>k</sub> [N]	193809	193809	193809	193809	193809	183657	174428	165199	155970	147664
	v [km/h]	4,0	4,4	4,8	5,2	5,5	5,9	6,3	6,7	7,1	7,5
	v [m/s]	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
	O <sub>v</sub> [N]	6,4	7,7	9,2	10,7	12,5	14,3	16,3	18,4	20,6	23,0
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459	0,435	0,413	0,392	0,370	0,350
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,744	1,744	1,744	1,744	1,744	1,649	1,564	1,478	1,392	1,315
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,573	0,573	0,573	0,573	0,573	0,606	0,640	0,677	0,718	0,761
II°	F <sub>k</sub> [N]	150740	150740	150740	150740	150740	142844	135666	128488	121310	114850
	v [km/h]	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,7	9,2	9,7
	v [m/s]	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7
	O <sub>v</sub> [N]	10,5	12,7	15,1	17,8	20,6	23,7	26,9	30,4	34,1	37,9
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,357	0,357	0,357	0,357	0,357	0,339	0,322	0,305	0,287	0,272
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,399	1,399	1,399	1,399	1,399	1,323	1,253	1,183	1,114	1,051
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,715	0,715	0,715	0,715	0,715	0,756	0,798	0,845	0,898	0,951
III°	F <sub>k</sub> [N]	116945	116945	116945	116945	116945	110820	105251	99682	94113	89101
	v [km/h]	6,6	7,2	7,9	8,5	9,2	9,9	10,5	11,2	11,8	12,5
	v [m/s]	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5
	O <sub>v</sub> [N]	17,5	21,1	25,1	29,5	34,2	39,3	44,7	50,5	56,6	63,0
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,263	0,249	0,236	0,223	0,211
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,118	1,118	1,118	1,118	1,118	1,056	1,000	0,943	0,887	0,836
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,894	0,894	0,894	0,894	0,894	0,947	1,000	1,060	1,127	1,196
IV°	F <sub>k</sub> [N]	90853	90853	90853	90853	90853	86094	81767	77441	73115	69221
	v [km/h]	8,5	9,3	10,1	11,0	11,8	12,7	13,5	14,4	15,2	16,1
	v [m/s]	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,5
	O <sub>v</sub> [N]	28,9	35,0	41,7	48,9	56,7	65,1	74,1	83,6	93,8	104,5

IV°	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,215	0,215	0,215	0,215	0,215	0,204	0,194	0,183	0,173	0,164
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893	0,843	0,797	0,751	0,705	0,664
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,120	1,120	1,120	1,120	1,120	1,187	1,255	1,332	1,418	1,507
V°	F <sub>k</sub> [N]	71676	71676	71676	71676	71676	67922	64509	61095	57682	54610
	v [km/h]	10,7	11,8	12,9	13,9	15,0	16,1	17,1	18,2	19,3	20,4
	v [m/s]	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7
	O <sub>v</sub> [N]	46,5	56,3	66,9	78,6	91,1	104,6	119,0	134,4	150,6	167,8
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170	0,161	0,153	0,145	0,136	0,129
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,716	0,716	0,716	0,716	0,716	0,675	0,637	0,599	0,562	0,528
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,396	1,396	1,396	1,397	1,397	1,483	1,570	1,669	1,780	1,895
VI°	F <sub>k</sub> [N]	55801	55801	55801	55801	55801	52878	50220	47563	44906	42515
	v [km/h]	13,8	15,1	16,5	17,9	19,3	20,6	22,0	23,4	24,8	26,1
	v [m/s]	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,7	6,1	6,5	6,9	7,3
	O <sub>v</sub> [N]	76,7	92,8	110,5	129,6	150,3	172,6	196,4	221,7	248,5	276,9
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132	0,125	0,119	0,112	0,106	0,100
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,638	0,638	0,638	0,638	0,637	0,599	0,565	0,530	0,495	0,464
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,567	1,567	1,568	1,569	1,569	1,669	1,771	1,887	2,019	2,155
VII°	F <sub>k</sub> [N]	42440	42440	42440	42440	42440	40217	38196	36175	34154	32335
	v [km/h]	18,1	19,9	21,7	23,5	25,3	27,1	29,0	30,8	32,6	34,4
	v [m/s]	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,6
	O <sub>v</sub> [N]	132,6	160,5	191,0	224,1	259,9	298,4	339,5	383,2	429,7	478,7
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,095	0,090	0,085	0,080	0,076
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,523	0,523	0,522	0,522	0,521	0,488	0,458	0,428	0,398	0,371
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,912	1,914	1,915	1,917	1,919	2,048	2,182	2,335	2,511	2,695
VIII°	F <sub>k</sub> [N]	33009	33009	33009	33009	33009	31280	29708	28136	26564	25150
	v [km/h]	23,3	25,6	27,9	30,2	32,6	34,9	37,2	39,6	41,9	44,2
	v [m/s]	6,5	7,1	7,8	8,4	9,0	9,7	10,3	11,0	11,6	12,3
	O <sub>v</sub> [N]	219,2	265,2	315,7	370,5	429,7	493,2	561,2	633,5	710,2	791,3
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,078	0,078	0,078	0,077	0,077	0,073	0,069	0,065	0,061	0,058
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,440	0,439	0,438	0,437	0,436	0,406	0,379	0,352	0,324	0,300
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	2,275	2,279	2,283	2,288	2,293	2,461	2,638	2,843	3,083	3,339
IX°	F <sub>k</sub> [N]	25621	25621	25621	25621	25621	24279	23059	21839	20619	19521
	v [km/h]	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	56,9
	v [m/s]	8,3	9,2	10,0	10,8	11,7	12,5	13,3	14,2	15,0	15,8
	O <sub>v</sub> [N]	363,9	440,3	523,9	614,9	713,1	818,7	931,5	1051,5	1178,9	1313,5
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015093	0,015385	0,015678
	p [-]	0,060	0,060	0,059	0,059	0,059	0,056	0,052	0,049	0,046	0,043
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,367	0,365	0,364	0,362	0,360	0,332	0,306	0,279	0,251	0,225
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	2,726	2,737	2,749	2,763	2,777	3,012	3,266	3,578	3,985	4,451
X°	F <sub>k</sub> [N]	19962	19962	19962	19962	19962	18917	17966	17016	16065	15209
	v [km/h]	38,5	42,3	46,2	50,0	53,9	57,7	61,6	65,4	69,2	73,1



X°	v [m/s]	10,7	11,8	12,8	13,9	15,0	16,0	17,1	18,2	19,2	20,3
	O <sub>v</sub> [N]	599,4	725,2	863,1	1012,9	1174,8	1348,6	1534,4	1732,2	1941,9	2163,7
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015376	0,015751	0,016126	0,016501	0,016876	0,017252
	p [-]	0,046	0,046	0,045	0,045	0,045	0,042	0,039	0,036	0,033	0,031
	a [m/s²]	0,276	0,273	0,270	0,267	0,260	0,231	0,204	0,176	0,148	0,122
	1/a [s²/m]	3,629	3,664	3,703	3,747	3,845	4,330	4,912	5,683	6,753	8,200
	XI°	F <sub>k</sub> [N]	15718	15718	15718	15718	15718	14895	14147	13398	12650
v [km/h]		48,9	53,7	58,6	63,5	68,4	73,3	78,2	83,1	87,9	92,8
v [m/s]		13,6	14,9	16,3	17,6	19,0	20,4	21,7	23,1	24,4	25,8
O <sub>v</sub> [N]		966,7	1169,7	1392,1	1633,8	1894,8	2175,1	2474,8	2793,8	3132,2	3489,9
f [-]		0,015	0,015365	0,015841	0,016318	0,016794	0,01727	0,017747	0,018223	0,018699	0,019176
p [-]		0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,030	0,028	0,025	0,023	0,020
a [m/s²]		0,187	0,179	0,169	0,160	0,149	0,120	0,093	0,065	0,036	0,009
1/a [s²/m]		5,360	5,597	5,907	6,270	6,699	8,307	10,787	15,477	27,708	113,658
XII°	F <sub>k</sub> [N]	12260	12260	12260	12260	12260	11618	11034	10451	9867	9341
	v [km/h]	62,6	68,9	75,2	81,4	87,7	94,0	100,2	106,5	112,7	119,0
	v [m/s]	17,4	19,1	20,9	22,6	24,4	26,1	27,8	29,6	31,3	33,1
	O <sub>v</sub> [N]	1589,0	1922,6	2288,1	2685,3	3114,3	3575,1	4067,7	4592,1	5148,2	5736,1
	f [-]	0,0162321	0,016843	0,017453	0,018064	0,018675	0,019286	0,019896	0,020507	0,021118	0,021728
	p [-]	0,025	0,025	0,024	0,023	0,022	0,019	0,017	0,014	0,011	0,009
	a [m/s²]	0,081	0,068	0,055	0,041	0,027	-0,002	-0,030	-0,059	-0,089	-0,118
	1/a [s²/m]	12,368	14,630	18,123	24,194	37,290	-513,039	-33,165	-16,941	-11,290	-8,506

**Příloha 6: Hodnoty pro vytvoření charakteristiky  $v(t)$  vozidla s celkovou hmotností 43 000 kg.**

I°	v [km/h]	0,000	4,0	4,4	4,8	5,2	5,5	5,9
	v [m/s]	0,000	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7
	Ov [N]	0,000	6,4	7,7	9,2	10,7	12,5	14,3
	f [-]	0,000	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,000	1,744	1,744	1,744	1,744	1,744	1,649
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,000	0,573	0,573	0,573	0,573	0,573	0,606
	Δt [s]	0,000	0,500	0,063	0,063	0,063	0,063	0,067
	t [s]	0,000	0,500	0,563	0,626	0,689	0,752	0,819
	v [km/h]	6,3	6,7	7,1	7,5	7,1		
	v [m/s]	1,8	1,9	2,0	2,1	2,0		
	Ov [N]	16,3	18,4	20,6	23,0	20,6		
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015		
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,564	1,478	1,392	1,315	1,399		
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,640	0,677	0,718	0,761	0,715		
	Δt [s]	0,070	0,074	0,079	0,084	1,000		
	t [s]	0,890	0,964	1,043	1,127	2,127		
II°	v [km/h]	7,1	7,6	8,2	8,7	9,2	9,7	9,2
	v [m/s]	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7	2,6
	Ov [N]	20,6	23,7	26,9	30,4	34,1	37,9	34,2
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,399	1,323	1,253	1,183	1,114	1,051	1,118
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,715	0,756	0,798	0,845	0,898	0,951	0,894
	Δt [s]	0,000	0,107	0,113	0,120	0,127	0,135	1,000
	t [s]	2,127	2,234	2,347	2,466	2,593	2,728	3,728
III°	v [km/h]	9,2	9,9	10,5	11,2	11,8	12,5	11,8
	v [m/s]	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,3
	Ov [N]	34,2	39,3	44,7	50,5	56,6	63,0	56,7
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,118	1,056	1,000	0,943	0,887	0,836	0,893
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,894	0,947	1,000	1,060	1,127	1,196	1,120
	Δt [s]	0,000	0,173	0,182	0,193	0,206	0,218	1,000
	t [s]	3,728	3,901	4,083	4,277	4,482	4,700	5,700
IV°	v [km/h]	11,8	12,7	13,5	14,4	15,2	16,1	15,2
	v [m/s]	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,5	4,2
	Ov [N]	56,7	65,1	74,1	83,6	93,8	104,5	93,8
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,893	0,843	0,797	0,751	0,705	0,664	0,705
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,120	1,187	1,255	1,332	1,418	1,507	1,418
	Δt [s]	0,000	0,279	0,295	0,313	0,333	0,354	1,000
	t [s]	5,700	5,979	6,274	6,586	6,919	7,273	8,273
V°	v [km/h]	15,2	16,1	17,1	18,2	19,3	20,4	19,3
	v [m/s]	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	5,4
	Ov [N]	93,8	104,6	119,0	134,4	150,6	167,8	150,3
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,705	0,675	0,637	0,599	0,562	0,528	0,637
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,418	1,483	1,570	1,669	1,780	1,895	1,569
	Δt [s]	0,000	0,353	0,467	0,497	0,530	0,564	1,000

	t [s]	8,273	8,626	9,093	9,590	10,120	10,683	11,683
--	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------

VI°	v [km/h]	19,3	20,6	22,0	23,4	24,8	26,1	25,3
	v [m/s]	5,4	5,7	6,1	6,5	6,9	7,3	7,0
	Ov [N]	150,3	172,6	196,4	221,7	248,5	276,9	259,9
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,637	0,599	0,565	0,530	0,495	0,464	0,521
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,569	1,669	1,771	1,887	2,019	2,155	1,919
	Δt [s]	0,000	0,638	0,677	0,721	0,772	0,824	1,000
	t [s]	11,683	12,321	12,999	13,720	14,492	15,316	16,316

VII°	v [km/h]	25,3	27,1	29,0	30,8	32,6	34,4	33,881
	v [m/s]	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,6	9,965
	Ov [N]	259,9	298,4	339,5	383,2	429,7	478,7	429,652
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,521	0,488	0,458	0,428	0,398	0,371	0,347
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,919	2,048	2,182	2,335	2,511	2,695	2,881
	Δt [s]	0,000	1,029	1,097	1,174	1,262	1,355	1,000
	t [s]	16,316	17,345	18,442	19,616	20,878	22,233	23,233

VIII°	v [km/h]	33,881	34,9	37,2	39,6	41,9	44,2	43,760
	v [m/s]	9,411	9,7	10,3	11,0	11,6	12,3	12,156
	Ov [N]	429,652	493,2	561,2	633,5	710,2	791,3	713,150
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,380	0,406	0,379	0,352	0,324	0,300	0,708
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	2,634	2,461	2,638	2,843	3,083	3,339	1,413
	Δt [s]	0,000	0,695	1,705	1,837	1,992	2,158	1,000
	t [s]	23,233	23,928	25,633	27,470	29,462	31,620	32,620

IX°	v [km/h]	43,76	45,0	48,0	51,0	54,0	56,9	56,44
	v [m/s]	12,155556	12,5	13,3	14,2	15,0	15,8	15,67778
	Ov [N]	713,14964	818,7	931,5	1051,5	1178,9	1313,5	1174,758
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015093	0,015385	0,015678	0,015376
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,7076397	0,332	0,306	0,279	0,251	0,225	0,546062
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,4131486	3,012	3,266	3,578	3,985	4,451	1,831295
	Δt [s]	0,000	1,004	2,719	2,979	3,318	3,705	1,000
	t [s]	32,620	33,624	36,343	39,322	42,640	46,345	47,345

X°	v [km/h]	56,44	57,7	61,6	65,4	69,2	73,1	72,29
	v [m/s]	15,677778	16,0	17,1	18,2	19,2	20,3	20,3
	Ov [N]	1174,7581	1348,6	1534,4	1732,2	1941,9	2163,7	2163,7
	f [-]	0,0153761	0,015751	0,016126	0,016501	0,016876	0,017252	0,017252
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,5460616	0,231	0,204	0,176	0,148	0,122	0,093
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,8312952	4,330	4,912	5,683	6,753	8,200	10,727
	Δt [s]	0,000	1,521	5,249	6,073	7,216	8,762	1,000
	t [s]	47,345	48,866	54,115	60,188	67,405	76,167	77,167

XI°	v [km/h]	72,29	73,3	78,2	83,1	87,9	86,9	
	v [m/s]	20,3	20,4	21,7	23,1	24,4	24,1	
	Ov [N]	2163,7	2175,1	2474,8	2793,8	3132,2	3058,4	
	f	0,0172515	0,01727	0,017747	0,018223	0,018699	0,018598	
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,093	0,120	0,093	0,065	0,036	0,029	
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	10,727	8,307	10,787	15,477	27,708	34,859	
	Δt [s]	0,000	0,444	14,639	21,004	37,603	1,000	

	t [s]	77,167	77,611	92,250	113,253	150,856	151,856
--	-------	--------	--------	--------	---------	---------	---------

XII°	v [km/h]	86,9	87,7	90,0
	v [m/s]	24,1	24,4	25,0
	Ov [N]	3058,4	3114,3	
	f [-]	0,0185978	0,018675	
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,029	0,027	
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	34,859	37,290	
	Δt [s]	0,000	8,195	16,000
	t [s]	151,856	160,051	176,051

**Příloha 7: Stoupavost vozidla s celkovou hmotností 43 000 kg.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n [1/s]	16,67	18,33	20,00	21,67	23,33	25,00	26,67	28,33	30,00	31,67
n [1/min]	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
M <sub>t</sub> [Nm]	2100	2100	2100	2100	2100	1990	1890	1790	1690	1600
i <sub>I</sub> =	12,33	i <sub>0</sub> =	4,028	η =	0,97	r =	0,522	m		I°
F <sub>k</sub> [N]	193809	193809	193809	193809	193809	183657	174428	165199	155970	147664
v [m/s]	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09
v [km/h]	3,96	4,36	4,75	5,15	5,55	5,94	6,34	6,74	7,13	7,53
Ov [N]	6	8	9	11	12	14	16	18	21	23
Of [N]	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327
Of+Ov [N]	6334	6335	6337	6338	6340	6342	6344	6346	6348	6350
Of+Ov+Os 4,5% [N]	25274	25275	25277	25278	25280	25282	25284	25286	25288	25291
Of+Ov+Os 6% [N]	31559	31561	31562	31564	31565	31567	31569	31571	31573	31576
Of+Ov+Os12% [N]	56574	56575	56577	56578	56580	56582	56584	56586	56588	56590
Of+Ov+Os 100% [N]	304610	304611	304613	304614	304616	304618	304620	304622	304624	304626
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
i <sub>II</sub> =	9,59	i <sub>0</sub> =	4,028	η =	0,97	r =	0,522	m		II°
F <sub>k</sub> [N]	150740	150740	150740	150740	150740	142844	135666	128488	121310	114850
v [m/s]	1,42	1,56	1,70	1,84	1,98	2,12	2,26	2,41	2,55	2,69
v [km/h]	5,09	5,60	6,11	6,62	7,13	7,64	8,15	8,66	9,17	9,68
Ov [N]	11	13	15	18	21	24	27	30	34	38
Of [N]	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327
Of+Ov [N]	6338	6340	6343	6345	6348	6351	6354	6358	6362	6365
Of+Ov+Os 4,5% [N]	25278	25280	25283	25285	25288	25291	25295	25298	25302	25306
Of+Ov+Os 6% [N]	31563	31566	31568	31571	31573	31577	31580	31583	31587	31591
Of+Ov+Os12% [N]	56578	56580	56583	56585	56588	56591	56594	56598	56601	56605
Of+Ov+Os 100% [N]	304614	304616	304619	304621	304624	304627	304630	304634	304638	304641
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
i <sub>III</sub> =	7,44	i <sub>0</sub> =	4,028	η =	0,97	r =	0,522	m		III°
F <sub>k</sub> [N]	116945	116945	116945	116945	116945	110820	105251	99682	94113	89101
v [m/s]	1,82	2,01	2,19	2,37	2,55	2,74	2,92	3,10	3,28	3,47
v [km/h]	6,57	7,22	7,88	8,54	9,19	9,85	10,51	11,16	11,82	12,48
Ov [N]	17	21	25	30	34	39	45	50	57	63
Of [N]	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327
Of+Ov [N]	6345	6349	6353	6357	6362	6367	6372	6378	6384	6390
Of+Ov+Os 4,5% [N]	25285	25289	25293	25297	25302	25307	25312	25318	25324	25331
Of+Ov+Os 6% [N]	31570	31574	31578	31582	31587	31592	31598	31603	31609	31616
Of+Ov+Os12% [N]	56585	56589	56593	56597	56602	56607	56612	56618	56624	56630
Of+Ov+Os 100% [N]	304621	304625	304629	304633	304638	304643	304648	304654	304660	304666
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
i <sub>IV</sub> =	5,78	i <sub>0</sub> =	4,028	η =	0,97	r =	0,522	m		IV°
F <sub>k</sub> [N]	90853	90853	90853	90853	90853	86094	81767	77441	73115	69221
v [m/s]	2,35	2,58	2,82	3,05	3,29	3,52	3,76	3,99	4,23	4,46
v [km/h]	8,45	9,30	10,14	10,99	11,83	12,68	13,52	14,37	15,21	16,06
Ov [N]	29	35	42	49	57	65	74	84	94	104
Of [N]	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327
Of+Ov [N]	6356	6362	6369	6376	6384	6393	6402	6411	6421	6432

Of+Ov+Os 4,5% [N]	25297	25303	25309	25317	25324	25333	25342	25351	25361	25372
Of+Ov+Os 6% [N]	31582	31588	31595	31602	31610	31618	31627	31637	31647	31657
Of+Ov+Os12% [N]	56596	56602	56609	56616	56624	56633	56641	56651	56661	56672
Of+Ov+Os 100% [N]	304632	304638	304645	304652	304660	304669	304678	304687	304697	304708
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_v =$	4,56	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522	m		V°
$F_k$ [N]	71676	71676	71676	71676	71676	67922	64509	61095	57682	54610
$v$ [m/s]	2,98	3,27	3,57	3,87	4,17	4,46	4,76	5,06	5,36	5,65
$v$ [km/h]	10,71	11,79	12,86	13,93	15,00	16,07	17,14	18,21	19,29	20,36
Ov [N]	46	56	67	79	91	105	119	134	151	168
Of [N]	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327
Of+Ov [N]	6374	6384	6394	6406	6419	6432	6446	6462	6478	6495
Of+Ov+Os 4,5% [N]	25314	25324	25335	25346	25359	25372	25387	25402	25418	25435
Of+Ov+Os 6% [N]	31599	31609	31620	31631	31644	31657	31672	31687	31704	31721
Of+Ov+Os12% [N]	56614	56624	56634	56646	56659	56672	56686	56702	56718	56735
Of+Ov+Os 100% [N]	304650	304660	304670	304682	304695	304708	304722	304738	304754	304771
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_{VI} =$	3,55	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522	m		VI°
$F_k$ [N]	55801	55801	55801	55801	55801	52878	50220	47563	44906	42515
$v$ [m/s]	3,82	4,21	4,59	4,97	5,35	5,73	6,12	6,50	6,88	7,26
$v$ [km/h]	13,76	15,14	16,51	17,89	19,27	20,64	22,02	23,40	24,77	26,15
Ov [N]	77	93	110	130	150	173	196	222	249	277
Of [N]	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327
Of+Ov [N]	6404	6420	6438	6457	6478	6500	6524	6549	6576	6604
Of+Ov+Os 4,5% [N]	25344	25360	25378	25397	25418	25440	25464	25489	25516	25545
Of+Ov+Os 6% [N]	31630	31646	31663	31683	31703	31725	31749	31775	31801	31830
Of+Ov+Os12% [N]	56644	56660	56678	56697	56718	56740	56764	56789	56816	56844
Of+Ov+Os 100% [N]	304680	304696	304714	304733	304754	304776	304800	304825	304852	304880
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_{VII} =$	2,7	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522	m		VII°
$F_k$ [N]	42440	42440	42440	42440	42440	40217	38196	36175	34154	32335
$v$ [m/s]	5,03	5,53	6,03	6,53	7,04	7,54	8,04	8,54	9,05	9,55
$v$ [km/h]	18,10	19,90	21,71	23,52	25,33	27,14	28,95	30,76	32,57	34,38
Ov [N]	133	160	191	224	260	298	339	383	430	479
Of [N]	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327
Of+Ov [N]	6460	6488	6518	6552	6587	6626	6667	6711	6757	6806
Of+Ov+Os 4,5% [N]	25400	25428	25459	25492	25528	25566	25607	25651	25697	25746
Of+Ov+Os 6% [N]	31685	31713	31744	31777	31813	31851	31892	31936	31983	32032
Of+Ov+Os12% [N]	56700	56728	56758	56792	56827	56866	56907	56951	56997	57046
Of+Ov+Os 100% [N]	304736	304764	304794	304828	304863	304902	304943	304987	305033	305082
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_{VIII} =$	2,1	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522	m		VIII°
$F_k$ [N]	33009	33009	33009	33009	33009	31280	29708	28136	26564	25150
$v$ [m/s]	6,46	7,11	7,76	8,40	9,05	9,69	10,34	10,99	11,63	12,28
$v$ [km/h]	23,27	25,59	27,92	30,24	32,57	34,90	37,22	39,55	41,88	44,20
Ov [N]	219	265	316	370	430	493	561	634	710	791
Of [N]	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327
Of+Ov [N]	6547	6593	6643	6698	6757	6821	6889	6961	7038	7119
Of+Ov+Os 4,5% [N]	25487	25533	25583	25638	25697	25761	25829	25901	25978	26059
Of+Ov+Os 6% [N]	31772	31818	31869	31923	31983	32046	32114	32186	32263	32344
Of+Ov+Os12% [N]	56787	56833	56883	56938	56997	57061	57129	57201	57278	57359
Of+Ov+Os 100% [N]	304823	304869	304919	304974	305033	305097	305165	305237	305314	305395

f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_{IX} =$	1,63	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522	m		IX°
$F_k$ [N]	25621	25621	25621	25621	25621	24279	23059	21839	20619	19521
$v$ [m/s]	8,33	9,16	9,99	10,82	11,66	12,49	13,32	14,15	14,99	15,82
$v$ [km/h]	29,97	32,97	35,97	38,97	41,96	44,96	47,96	50,95	53,95	56,95
Ov [N]	364	440	524	615	713	819	931	1052	1179	1314
Of [N]	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6327	6367	6490	6613
Of+Ov [N]	6691	6768	6851	6942	7041	7146	7259	7418	7669	7927
Of+Ov+Os 4,5% [N]	25631	25708	25792	25883	25981	26086	26199	26358	26609	26867
Of+Ov+Os 6% [N]	31917	31993	32077	32168	32266	32372	32484	32644	32894	33152
Of+Ov+Os12% [N]	56931	57008	57091	57182	57281	57386	57499	57658	57909	58167
Of+Ov+Os 100% [N]	304967	305044	305127	305218	305317	305422	305535	305694	305945	306203
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,016
$i_{IX} =$	1,27	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522	m		X°
$F_k$ [N]	19962	19962	19962	19962	19962	18917	17966	17016	16065	15209
$v$ [m/s]	10,69	11,75	12,82	13,89	14,96	16,03	17,10	18,17	19,23	20,30
$v$ [km/h]	38,47	42,32	46,16	50,01	53,86	57,70	61,55	65,40	69,25	73,09
Ov [N]	599	725	863	1013	1175	1349	1534	1732	1942	2164
Of [N]	6327	6327	6327	6327	6486	6644	6803	6961	7119	7277
Of+Ov [N]	6927	7053	7191	7340	7661	7993	8337	8693	9061	9441
Of+Ov+Os 4,5% [N]	25867	25993	26131	26281	26601	26933	27277	27633	28001	28381
Of+Ov+Os 6% [N]	32152	32278	32416	32566	32886	33218	33562	33918	34286	34666
Of+Ov+Os12% [N]	57167	57293	57430	57580	57901	58233	58577	58933	59301	59681
Of+Ov+Os 100% [N]	305203	305329	305467	305616	305937	306269	306613	306969	307337	307717
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,016	0,016	0,017	0,017	0,017
$i_{XI} =$	1	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522	m		XI°
$F_k$ [N]	15718	15718	15718	15718	15718	14895	14147	13398	12650	11976
$v$ [m/s]	13,57	14,93	16,29	17,64	19,00	20,36	21,71	23,07	24,43	25,79
$v$ [km/h]	48,86	53,74	58,63	63,51	68,40	73,28	78,17	83,06	87,94	92,83
Ov [N]	967	1170	1392	1634	1895	2175	2475	2794	3132	3490
Of [N]	6327	6481	6682	6883	7084	7285	7486	7687	7888	8089
Of+Ov [N]	7294	7651	8074	8517	8979	9460	9961	10481	11020	11579
Of+Ov+Os 4,5% [N]	26234	26591	27015	27457	27919	28400	28901	29421	29960	30519
Of+Ov+Os 6% [N]	32520	32877	33300	33742	34204	34686	35186	35706	36246	36804
Of+Ov+Os12% [N]	57534	57891	58314	58757	59219	59700	60201	60721	61260	61819
Of+Ov+Os 100% [N]	305570	305927	306350	306793	307255	307736	308237	308757	309296	309855
f [-]	0,015	0,015	0,016	0,016	0,017	0,017	0,018	0,018	0,019	0,019
$i_{XII} =$	0,78	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522	m		XII°
$F_k$ [N]	12260	12260	12260	12260	12260	11618	11034	10451	9867	9341
$v$ [m/s]	17,40	19,14	20,88	22,62	24,36	26,10	27,84	29,58	31,32	33,06
$v$ [km/h]	62,64	68,90	75,16	81,43	87,69	93,95	100,22	106,48	112,75	119,01
Ov [N]	1589	1923	2288	2685	3114	3575	4068	4592	5148	5736
Of [N]	6847	7105	7362	7620	7878	8135	8393	8650	8908	9166
Of+Ov [N]	8436	9027	9650	10305	10992	11710	12461	13243	14056	14902
Of+Ov+Os 4,5% [N]	27376	27968	28591	29246	29932	30651	31401	32183	32996	33842
Of+Ov+Os 6% [N]	33662	34253	34876	35531	36217	36936	37686	38468	39282	40127
Of+Ov+Os12% [N]	58676	59267	59890	60545	61232	61950	62701	63482	64296	65142
Of+Ov+Os 100% [N]	306712	307303	307926	308581	309268	309986	310737	311519	312332	313178
f [-]	0,016	0,017	0,017	0,018	0,019	0,019	0,020	0,021	0,021	0,022

## Příloha 8: Dynamika vozidla s celkovou hmotností 48 000 kg.

## Převodové poměry

$i_I =$	12,33		$G =$	470880	N
$i_{II} =$	9,59		$r =$	0,522	m
$i_{III} =$	7,44		$m =$	48000	kg
$i_{IV} =$	5,78		$g =$	9,81	$m \cdot s^{-2}$
$i_V =$	4,56		$S =$	9	$m^2$
$i_{VI} =$	3,55		$c_x =$	0,9	
$i_{VII} =$	2,7		$\eta =$	0,97	
$i_{VIII} =$	2,1		$f =$	0,015	pro $V < 50$ km/h
$i_X =$	1,63			0,15	pro $V < 50$ km/h
$i_X =$	1,27				
$i_{XI} =$	1				
$i_{XII} =$	0,78				
$i_0 =$	4.028	6.608			

	n [min <sup>-1</sup> ]	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
	M <sub>t</sub> [N.m]	2100	2100	2100	2100	2100	1990	1890	1790	1690	1600
I°	F <sub>k</sub> [N]	193809	193809	193809	193809	193809	183657	174428	165199	155970	147664
	v [km/h]	4,0	4,4	4,8	5,2	5,5	5,9	6,3	6,7	7,1	7,5
	v [m/s]	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
	O <sub>v</sub> [N]	6,4	7,7	9,2	10,7	12,5	14,3	16,3	18,4	20,6	23,0
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,412	0,412	0,412	0,412	0,412	0,390	0,370	0,351	0,331	0,314
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,556	1,556	1,556	1,556	1,556	1,471	1,395	1,318	1,241	1,171
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,680	0,717	0,759	0,806	0,854
II°	F <sub>k</sub> [N]	150740	150740	150740	150740	150740	142844	135666	128488	121310	114850
	v [km/h]	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,7	9,2	9,7
	v [m/s]	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7
	O <sub>v</sub> [N]	10,5	12,7	15,1	17,8	20,6	23,7	26,9	30,4	34,1	37,9
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320	0,303	0,288	0,273	0,258	0,244
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,247	1,247	1,247	1,247	1,247	1,178	1,116	1,054	0,991	0,935
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,849	0,896	0,949	1,009	1,069
III°	F <sub>k</sub> [N]	116945	116945	116945	116945	116945	110820	105251	99682	94113	89101
	v [km/h]	6,6	7,2	7,9	8,5	9,2	9,9	10,5	11,2	11,8	12,5
	v [m/s]	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5
	O <sub>v</sub> [N]	17,5	21,1	25,1	29,5	34,2	39,3	44,7	50,5	56,6	63,0
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,235	0,223	0,212	0,200	0,189
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,939	0,889	0,838	0,788	0,743
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,005	1,005	1,005	1,005	1,005	1,064	1,125	1,193	1,269	1,347
IV°	F <sub>k</sub> [N]	90853	90853	90853	90853	90853	86094	81767	77441	73115	69221
	v [km/h]	8,5	9,3	10,1	11,0	11,8	12,7	13,5	14,4	15,2	16,1
	v [m/s]	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,5
	O <sub>v</sub> [N]	28,9	35,0	41,7	48,9	56,7	65,1	74,1	83,6	93,8	104,5



IV°	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,183	0,173	0,164	0,155	0,147
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,748	0,707	0,666	0,625	0,588
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,261	1,261	1,261	1,261	1,261	1,337	1,415	1,502	1,601	1,702
V°	F <sub>k</sub> [N]	71676	71676	71676	71676	71676	67922	64509	61095	57682	54610
	v [km/h]	10,7	11,8	12,9	13,9	15,0	16,1	17,1	18,2	19,3	20,4
	v [m/s]	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7
	O <sub>v</sub> [N]	46,5	56,3	66,9	78,6	91,1	104,6	119,0	134,4	150,6	167,8
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152	0,144	0,137	0,129	0,122	0,116
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634	0,597	0,563	0,530	0,496	0,466
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,576	1,576	1,577	1,577	1,577	1,675	1,775	1,888	2,016	2,148
VI°	F <sub>k</sub> [N]	55801	55801	55801	55801	55801	52878	50220	47563	44906	42515
	v [km/h]	13,8	15,1	16,5	17,9	19,3	20,6	22,0	23,4	24,8	26,1
	v [m/s]	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,7	6,1	6,5	6,9	7,3
	O <sub>v</sub> [N]	76,7	92,8	110,5	129,6	150,3	172,6	196,4	221,7	248,5	276,9
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,112	0,106	0,101	0,095	0,090
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,563	0,563	0,563	0,563	0,562	0,528	0,497	0,466	0,435	0,407
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,776	1,776	1,777	1,777	1,778	1,893	2,011	2,145	2,298	2,456
VII°	F <sub>k</sub> [N]	42440	42440	42440	42440	42440	40217	38196	36175	34154	32335
	v [km/h]	18,1	19,9	21,7	23,5	25,3	27,1	29,0	30,8	32,6	34,4
	v [m/s]	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,6
	O <sub>v</sub> [N]	132,6	160,5	191,0	224,1	259,9	298,4	339,5	383,2	429,7	478,7
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,085	0,080	0,076	0,072	0,068
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,459	0,459	0,458	0,458	0,457	0,428	0,401	0,374	0,347	0,323
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	2,179	2,181	2,183	2,185	2,187	2,338	2,494	2,673	2,881	3,098
VIII°	F <sub>k</sub> [N]	33009	33009	33009	33009	33009	31280	29708	28136	26564	25150
	v [km/h]	23,3	25,6	27,9	30,2	32,6	34,9	37,2	39,6	41,9	44,2
	v [m/s]	6,5	7,1	7,8	8,4	9,0	9,7	10,3	11,0	11,6	12,3
	O <sub>v</sub> [N]	219,2	265,2	315,7	370,5	429,7	493,2	561,2	633,5	710,2	791,3
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	p [-]	0,070	0,070	0,069	0,069	0,069	0,065	0,062	0,058	0,055	0,052
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,383	0,382	0,381	0,381	0,380	0,353	0,329	0,304	0,280	0,257
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	2,612	2,617	2,622	2,628	2,634	2,833	3,043	3,288	3,576	3,886
IX°	F <sub>k</sub> [N]	25621	25621	25621	25621	25621	24279	23059	21839	20619	19521
	v [km/h]	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	56,9
	v [m/s]	8,3	9,2	10,0	10,8	11,7	12,5	13,3	14,2	15,0	15,8
	O <sub>v</sub> [N]	363,9	440,3	523,9	614,9	713,1	818,7	931,5	1051,5	1178,9	1313,5
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015093	0,015385	0,015678
	p [-]	0,054	0,053	0,053	0,053	0,053	0,050	0,047	0,044	0,041	0,039
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,316	0,315	0,313	0,312	0,310	0,285	0,262	0,238	0,212	0,188
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	3,166	3,179	3,194	3,210	3,228	3,513	3,824	4,210	4,723	5,321
X°	F <sub>k</sub> [N]	19962	19962	19962	19962	19962	18917	17966	17016	16065	15209
	v [km/h]	38,5	42,3	46,2	50,0	53,9	57,7	61,6	65,4	69,2	73,1

X°	v [m/s]	10,7	11,8	12,8	13,9	15,0	16,0	17,1	18,2	19,2	20,3
	O <sub>v</sub> [N]	599,4	725,2	863,1	1012,9	1174,8	1348,6	1534,4	1732,2	1941,9	2163,7
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015376	0,015751	0,016126	0,016501	0,016876	0,017252
	p [-]	0,041	0,041	0,041	0,040	0,040	0,037	0,035	0,032	0,030	0,028
	a [m/s²]	0,233	0,231	0,228	0,225	0,219	0,192	0,167	0,142	0,117	0,093
	1/a [s²/m]	4,293	4,337	4,387	4,442	4,572	5,201	5,974	7,028	8,549	10,727
	XI°	F <sub>k</sub> [N]	15718	15718	15718	15718	15718	14895	14147	13398	12650
v [km/h]		48,9	53,7	58,6	63,5	68,4	73,3	78,2	83,1	87,9	92,8
v [m/s]		13,6	14,9	16,3	17,6	19,0	20,4	21,7	23,1	24,4	25,8
O <sub>v</sub> [N]		966,7	1169,7	1392,1	1633,8	1894,8	2175,1	2474,8	2793,8	3132,2	3489,9
f [-]		0,015	0,015365	0,015841	0,016318	0,016794	0,01727	0,017747	0,018223	0,018699	0,019176
p [-]		0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,027	0,025	0,023	0,020	0,018
a [m/s²]		0,153	0,145	0,136	0,127	0,117	0,091	0,066	0,040	0,014	-0,011
1/a [s²/m]		6,555	6,891	7,339	7,874	8,520	10,986	15,202	24,908	70,755	-92,763
XII°	F <sub>k</sub> [N]	12260	12260	12260	12260	12260	11618	11034	10451	9867	9341
	v [km/h]	62,6	68,9	75,2	81,4	87,7	94,0	100,2	106,5	112,7	119,0
	v [m/s]	17,4	19,1	20,9	22,6	24,4	26,1	27,8	29,6	31,3	33,1
	O <sub>v</sub> [N]	1589,0	1922,6	2288,1	2685,3	3114,3	3575,1	4067,7	4592,1	5148,2	5736,1
	f [-]	0,016232	0,016843	0,017453	0,018064	0,018675	0,019286	0,019896	0,020507	0,021118	0,021728
	p [-]	0,023	0,022	0,021	0,020	0,019	0,017	0,015	0,012	0,010	0,008
	a [m/s²]	0,057	0,046	0,033	0,020	0,007	-0,020	-0,045	-0,072	-0,099	-0,125
	1/a [s²/m]	17,437	21,937	30,106	49,392	149,820	-50,860	-21,981	-13,902	-10,104	-7,968

**Příloha 9: Hodnoty pro vytvoření charakteristiky  $v(t)$  vozidla s celkovou hmotností 48 000 kg.**

I°	v [km/h]	0	3,962409	4,35865	4,754891	5,151132	5,547373	5,943614
	v [m/s]	0	1,100669	1,210736	1,320803	1,43087	1,540937	1,651004
	Ov [N]	0	6,358778	7,694121	9,15664	10,74633	12,4632	14,30725
	f [-]	0	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0	1,556159	1,556148	1,556135	1,556122	1,556108	1,471494
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0	0,642608	0,642613	0,642618	0,642623	0,642629	0,679582
	$\Delta t$ [s]	0	0,5	0,07073	0,070731	0,070732	0,070732	0,074799
	t [s]	0	0,5	0,57073	0,641461	0,712193	0,782925	0,857725
	v [km/h]	6,339855	6,736096	7,132336	7,528577			
	v [m/s]	1,761071	1,871138	1,981205	2,091271			
	Ov [N]	16,27847	18,37687	20,60244	22,95519			
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015			
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,394569	1,317643	1,240717	1,17148			
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,717067	0,758931	0,805986	0,853621			
	$\Delta t$ [s]	0,078925	0,083533	0,088712	0,093955			
	t [s]	0,93665	1,020183	1,108895	1,202851			
II°	v [km/h]	7,132336	7,641789	8,151242	8,660694	9,170147	9,679599	9,193428
	v [m/s]	1,981205	2,122719	2,264234	2,405748	2,547263	2,688778	2,55373
	Ov [N]	20,60244	23,65076	26,90931	30,37809	34,0571	37,94633	34,23024
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	1,247016	1,178449	1,11611	1,05377	0,991429	0,935316	0,994999
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	0,801914	0,848573	0,895969	0,948973	1,008645	1,069157	1,005026
	$\Delta t$ [s]	0	0,120086	0,126793	0,134294	0,142738	0,151301	1
	t [s]	2,202851	2,322936	2,449729	2,584023	2,726761	2,878062	3,878062
III°	v [km/h]	9,193428	9,850102	10,50678	11,16345	11,82012	12,4768	11,438
	v [m/s]	2,55373	2,736139	2,918549	3,100958	3,283367	3,465777	3,287154
	Ov [N]	34,23024	39,29492	44,70889	50,47215	56,58469	63,04652	56,7153
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,994999	0,939467	0,888976	0,838481	0,787983	0,742527	0,792924
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,005026	1,064434	1,12489	1,192633	1,269062	1,346753	1,261155
	$\Delta t$ [s]	0	0,194163	0,20519	0,217547	0,231489	0,24566	1
	t [s]	3,878062	4,072225	4,277415	4,494963	4,726451	4,972111	5,972111
IV°	v [km/h]	11,438	12,67902	13,52429	14,36956	15,21483	16,0601	14,9998
	v [m/s]	3,287154	3,521951	3,756748	3,991544	4,226341	4,461138	4,166612
	Ov [N]	56,7153	65,10684	74,07712	83,62612	93,75386	104,4603	91,12262
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,792924	0,747779	0,706725	0,665666	0,624601	0,587627	0,634059
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,261155	1,337294	1,414978	1,502256	1,601023	1,701759	1,57714
	$\Delta t$ [s]	0	0,313992	0,332232	0,352725	0,375915	0,399567	1
	t [s]	5,972111	6,286104	6,618336	6,971061	7,346976	7,746543	8,746543
V°	v [km/h]	14,9998	16,07122	17,14263	18,21405	19,28546	20,35688	19,26735
	v [m/s]	4,166612	4,464227	4,761843	5,059458	5,357073	5,654688	5,352043
	Ov [N]	91,12262	104,605	119,0173	134,3594	150,6313	167,833	150,3485
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,634059	0,597031	0,563348	0,529657	0,495955	0,465599	0,562349
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,57714	1,674954	1,7751	1,888016	2,01631	2,147769	1,778254
	$\Delta t$ [s]	0	0,498492	0,528297	0,561902	0,600084	0,639209	1

	t [s]	8,746543	9,245035	9,773331	10,33523	10,93532	11,57453	12,57453
VI°	v [km/h]	19,26735	20,64359	22,01983	23,39607	24,77231	26,14855	25,333
	v [m/s]	5,352043	5,734332	6,11662	6,498909	6,881198	7,263487	7,036945
	Ov [N]	150,3485	172,594	196,3736	221,6874	248,5353	276,9174	259,9132
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,562349	0,528262	0,497233	0,466185	0,43512	0,407113	0,457249
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,778254	1,892999	2,011131	2,145069	2,298214	2,45632	2,186992
	Δt [s]	0	0,723672	0,768833	0,820036	0,878581	0,939023	1
	t [s]	12,57453	13,2982	14,06703	14,88707	15,76565	16,70467	17,70467
VII°	v [km/h]	25,333	27,1425	28,952	30,7615	32,571	34,3805	33,8805
	v [m/s]	7,036945	7,539584	8,042223	8,544862	9,047501	9,55014	9,964854
	Ov [N]	259,9132	298,3698	339,4785	383,2394	429,6524	478,7177	429,6524
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,457249	0,427803	0,400953	0,374069	0,34715	0,322828	0,34715
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	2,186992	2,337527	2,494059	2,673306	2,8806	3,097624	2,8806
	Δt [s]	0	1,174932	1,253611	1,343708	1,447902	1,556986	1
	t [s]	17,70467	18,8796	20,13322	21,47692	22,92483	24,48181	25,48181
VIII°	v [km/h]	33,881	34,8975	37,224	39,5505	41,877	44,2035	43,76
	v [m/s]	9,411389	9,693751	10,34	10,98625	11,6325	12,27875	12,15556
	Ov [N]	429,6524	493,2235	561,1787	633,5181	710,2418	791,3497	713,1496
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,379701	0,353025	0,328624	0,304157	0,279624	0,257366	0,270764
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	2,633651	2,832657	3,042994	3,28778	3,576227	3,885519	1,413149
	Δt [s]	0	0,799835	1,966535	2,124728	2,311137	2,511017	1
	t [s]	25,48181	26,28165	28,24818	30,37291	32,68405	35,19506	36,19506
IX°	v [km/h]	43,76	44,95997	47,9573	50,95464	53,95197	56,9493	56,44
	v [m/s]	12,15556	12,48888	13,32147	14,15407	14,98666	15,81925	15,67778
	Ov [N]	713,1496	818,6667	931,4608	1051,532	1178,88	1313,505	1174,758
	f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015093	0,015385	0,015678	0,015376
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,70764	0,284673	0,261533	0,237506	0,211725	0,187935	0,546062
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,413149	3,512802	3,823604	4,210413	4,723108	5,320978	1,831295
	Δt [s]	0	1,170908	3,183503	3,505556	3,932423	4,430205	1
	t [s]	36,19506	37,36597	40,54947	44,05503	47,98745	52,41766	53,41766
X°	v [km/h]	56,44	57,70453	61,5515	65,39847	69,24544	73,09241	72,29
	v [m/s]	15,67778	16,02904	17,09764	18,16624	19,23484	20,30345	20,30345
	Ov [N]	1174,758	1348,574	1534,378	1732,169	1941,947	2163,713	2163,713
	f [-]	0,015376	0,015751	0,016126	0,016501	0,016876	0,017252	0,017252
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,546062	0,192259	0,167392	0,142297	0,116975	0,093227	0,093227
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	1,831295	5,201306	5,974011	7,027555	8,548816	10,72652	10,72652
	Δt [s]	0	1,827006	6,383843	7,509662	9,135286	11,46239	1
	t [s]	53,41766	55,24466	61,62851	69,13817	78,27345	89,73584	90,73584
XI°	v [km/h]	72,29	73,28476	78,17041	83,05606	87,94171	87	
	v [m/s]	20,30345	20,35688	21,714	23,07113	24,42825	23,07113	
	Ov [N]	2163,713	2175,116	2474,798	2793,815	3132,166	2793,815	
	f [-]	0,017252	0,01727	0,017747	0,018223	0,018699	0,018223	
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,093227	0,091027	0,06578	0,040148	0,014133	0,040148	
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	10,72652	10,98572	15,20229	24,9077	70,755	24,9077	
	Δt [s]	0	0,586968	20,63141	33,80287	96,02339	1	

	t [s]	90,73584	91,32281	111,9542	145,7571	241,7805	242,7805	
XII°	v [km/h]	87	87,69116	90				
	v [m/s]	22,61875	24,35866	25				
	Ov [N]	3065,445	3114,345	3280,5				
	f [-]	0,018608	0,018675	0,0189				
	a [m/s <sup>2</sup> ]	0,008202	0,006675	0,00152				
	1/a [s <sup>2</sup> /m]	121,9247	149,8201	657,8077				
	Δt [s]	0	260,6727	421,881				
	t [s]	242,7805	503,4531	925,3341				

**Příloha 10: Stoupavost vozidla s celkovou hmotností 48 000 kg.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n [1/s]	16,67	18,33	20,00	21,67	23,33	25,00	26,67	28,33	30,00	31,67
n [1/min]	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
M <sub>t</sub> [Nm]	2100	2100	2100	2100	2100	1990	1890	1790	1690	1600
i <sub>I</sub> =	12,33	i <sub>0</sub> =	4,028	η =	0,97	r =	0,522 m			I°
F <sub>k</sub> [N]	193809	193809	193809	193809	193809	183657	174428	165199	155970	147664
v [m/s]	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09
v [km/h]	3,96	4,36	4,75	5,15	5,55	5,94	6,34	6,74	7,13	7,53
Ov [N]	6	8	9	11	12	14	16	18	21	23
Of [N]	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063
Of+Ov [N]	7070	7071	7072	7074	7076	7078	7079	7082	7084	7086
Of+Ov+Os 4,5% [N]	28212	28213	28215	28216	28218	28220	28222	28224	28226	28229
Of+Ov+Os 6% [N]	35228	35230	35231	35233	35234	35236	35238	35240	35242	35245
Of+Ov+Os12% [N]	63151	63153	63154	63156	63157	63159	63161	63163	63166	63168
Of+Ov+Os 100% [N]	340029	340030	340032	340033	340035	340037	340039	340041	340043	340045
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
i <sub>II</sub> =	9,59	i <sub>0</sub> =	4,028	η =	0,97	r =	0,522 m			II°
F <sub>k</sub> [N]	150740	150740	150740	150740	150740	142844	135666	128488	121310	114850
v [m/s]	1,42	1,56	1,70	1,84	1,98	2,12	2,26	2,41	2,55	2,69
v [km/h]	5,09	5,60	6,11	6,62	7,13	7,64	8,15	8,66	9,17	9,68
Ov [N]	11	13	15	18	21	24	27	30	34	38
Of [N]	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063
Of+Ov [N]	7074	7076	7078	7081	7084	7087	7090	7094	7097	7101
Of+Ov+Os 4,5% [N]	28216	28218	28221	28223	28226	28229	28233	28236	28240	28244
Of+Ov+Os 6% [N]	35232	35235	35237	35240	35242	35245	35249	35252	35256	35260
Of+Ov+Os12% [N]	63156	63158	63160	63163	63166	63169	63172	63175	63179	63183
Of+Ov+Os 100% [N]	340033	340035	340038	340040	340043	340046	340049	340053	340057	340060
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
i <sub>III</sub> =	7,44	i <sub>0</sub> =	4,028	η =	0,97	r =	0,522 m			III°
F <sub>k</sub> [N]	116945	116945	116945	116945	116945	110820	105251	99682	94113	89101
v [m/s]	1,82	2,01	2,19	2,37	2,55	2,74	2,92	3,10	3,28	3,47
v [km/h]	6,57	7,22	7,88	8,54	9,19	9,85	10,51	11,16	11,82	12,48
Ov [N]	17	21	25	30	34	39	45	50	57	63
Of [N]	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063
Of+Ov [N]	7081	7084	7088	7093	7097	7102	7108	7114	7120	7126
Of+Ov+Os 4,5% [N]	28223	28227	28231	28235	28240	28245	28250	28256	28262	28269
Of+Ov+Os 6% [N]	35239	35243	35247	35251	35256	35261	35267	35272	35278	35285
Of+Ov+Os12% [N]	63162	63166	63170	63175	63179	63184	63190	63195	63202	63208
Of+Ov+Os 100% [N]	340040	340044	340048	340052	340057	340062	340067	340073	340079	340085
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
i <sub>IV</sub> =	5,78	i <sub>0</sub> =	4,028	η =	0,97	r =	0,522 m			IV°
F <sub>k</sub> [N]	90853	90853	90853	90853	90853	86094	81767	77441	73115	69221
v [m/s]	2,35	2,58	2,82	3,05	3,29	3,52	3,76	3,99	4,23	4,46
v [km/h]	8,45	9,30	10,14	10,99	11,83	12,68	13,52	14,37	15,21	16,06
Ov [N]	29	35	42	49	57	65	74	84	94	104
Of [N]	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063

Of+Ov [N]	7092	7098	7105	7112	7120	7128	7137	7147	7157	7168
Of+Ov+Os 4,5% [N]	28235	28241	28247	28255	28262	28271	28280	28289	28299	28310
Of+Ov+Os 6% [N]	35251	35257	35263	35271	35279	35287	35296	35305	35316	35326
Of+Ov+Os12% [N]	63174	63180	63187	63194	63202	63210	63219	63229	63239	63249
Of+Ov+Os 100% [N]	340051	340057	340064	340071	340079	340088	340097	340106	340116	340127
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_v =$	4,56	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522 m			V°
$F_k$ [N]	71676	71676	71676	71676	71676	67922	64509	61095	57682	54610
$v$ [m/s]	2,98	3,27	3,57	3,87	4,17	4,46	4,76	5,06	5,36	5,65
$v$ [km/h]	10,71	11,79	12,86	13,93	15,00	16,07	17,14	18,21	19,29	20,36
Ov [N]	46	56	67	79	91	105	119	134	151	168
Of [N]	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063
Of+Ov [N]	7110	7119	7130	7142	7154	7168	7182	7198	7214	7231
Of+Ov+Os 4,5% [N]	28252	28262	28273	28284	28297	28310	28325	28340	28356	28374
Of+Ov+Os 6% [N]	35268	35278	35289	35300	35313	35326	35341	35356	35372	35390
Of+Ov+Os12% [N]	63191	63201	63212	63224	63236	63250	63264	63279	63296	63313
Of+Ov+Os 100% [N]	340069	340079	340089	340101	340114	340127	340141	340157	340173	340190
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_{VI} =$	3,55	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522 m			VI°
$F_k$ [N]	55801	55801	55801	55801	55801	52878	50220	47563	44906	42515
$v$ [m/s]	3,82	4,21	4,59	4,97	5,35	5,73	6,12	6,50	6,88	7,26
$v$ [km/h]	13,76	15,14	16,51	17,89	19,27	20,64	22,02	23,40	24,77	26,15
Ov [N]	77	93	110	130	150	173	196	222	249	277
Of [N]	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063
Of+Ov [N]	7140	7156	7174	7193	7214	7236	7260	7285	7312	7340
Of+Ov+Os 4,5% [N]	28282	28299	28316	28335	28356	28378	28402	28427	28454	28483
Of+Ov+Os 6% [N]	35299	35315	35332	35351	35372	35394	35418	35444	35470	35499
Of+Ov+Os12% [N]	63222	63238	63255	63275	63295	63318	63341	63367	63394	63422
Of+Ov+Os 100% [N]	340099	340115	340133	340152	340173	340195	340219	340244	340271	340299
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_{VII} =$	2,7	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522 m			VII°
$F_k$ [N]	42440	42440	42440	42440	42440	40217	38196	36175	34154	32335
$v$ [m/s]	5,03	5,53	6,03	6,53	7,04	7,54	8,04	8,54	9,05	9,55
$v$ [km/h]	18,10	19,90	21,71	23,52	25,33	27,14	28,95	30,76	32,57	34,38
Ov [N]	133	160	191	224	260	298	339	383	430	479
Of [N]	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063
Of+Ov [N]	7196	7224	7254	7287	7323	7362	7403	7446	7493	7542
Of+Ov+Os 4,5% [N]	28338	28366	28397	28430	28466	28504	28545	28589	28635	28684
Of+Ov+Os 6% [N]	35354	35382	35413	35446	35482	35520	35561	35605	35651	35701
Of+Ov+Os12% [N]	63278	63305	63336	63369	63405	63443	63484	63528	63575	63624
Of+Ov+Os 100% [N]	340155	340183	340213	340247	340282	340321	340362	340406	340452	340501
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_{VIII} =$	2,1	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522 m			VIII°
$F_k$ [N]	33009	33009	33009	33009	33009	31280	29708	28136	26564	25150
$v$ [m/s]	6,46	7,11	7,76	8,40	9,05	9,69	10,34	10,99	11,63	12,28
$v$ [km/h]	23,27	25,59	27,92	30,24	32,57	34,90	37,22	39,55	41,88	44,20
Ov [N]	219	265	316	370	430	493	561	634	710	791
Of [N]	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063
Of+Ov [N]	7282	7328	7379	7434	7493	7556	7624	7697	7773	7855
Of+Ov+Os 4,5% [N]	28425	28471	28521	28576	28635	28699	28767	28839	28916	28997
Of+Ov+Os 6% [N]	35441	35487	35537	35592	35651	35715	35783	35855	35932	36013
Of+Ov+Os12% [N]	63364	63410	63461	63515	63575	63638	63706	63779	63855	63936

Of+Ov+Os 100% [N]	340242	340288	340338	340393	340452	340516	340584	340656	340733	340814
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
$i_{IX} =$	1,63	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522 m			$IX^\circ$
$F_k$ [N]	25621	25621	25621	25621	25621	24279	23059	21839	20619	19521
$v$ [m/s]	8,33	9,16	9,99	10,82	11,66	12,49	13,32	14,15	14,99	15,82
$v$ [km/h]	29,97	32,97	35,97	38,97	41,96	44,96	47,96	50,95	53,95	56,95
Ov [N]	364	440	524	615	713	819	931	1052	1179	1314
Of [N]	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7063	7107	7245	7382
Of+Ov [N]	7427	7503	7587	7678	7776	7882	7995	8159	8424	8696
Of+Ov+Os 4,5% [N]	28570	28646	28730	28821	28919	29024	29137	29301	29566	29838
Of+Ov+Os 6% [N]	35586	35662	35746	35837	35935	36040	36153	36317	36582	36854
Of+Ov+Os12% [N]	63509	63585	63669	63760	63858	63964	64076	64240	64505	64778
Of+Ov+Os 100% [N]	340386	340463	340546	340637	340736	340841	340954	341118	341383	341655
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,016
$i_X =$	1,27	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522 m			$X^\circ$
$F_k$ [N]	19962	19962	19962	19962	19962	18917	17966	17016	16065	15209
$v$ [m/s]	10,69	11,75	12,82	13,89	14,96	16,03	17,10	18,17	19,23	20,30
$v$ [km/h]	38,47	42,32	46,16	50,01	53,86	57,70	61,55	65,40	69,25	73,09
Ov [N]	599	725	863	1013	1175	1349	1534	1732	1942	2164
Of [N]	7063	7063	7063	7063	7240	7417	7594	7770	7947	8123
Of+Ov [N]	7663	7788	7926	8076	8415	8765	9128	9502	9889	10287
Of+Ov+Os 4,5% [N]	28805	28931	29069	29219	29558	29908	30270	30645	31031	31430
Of+Ov+Os 6% [N]	35821	35947	36085	36235	36574	36924	37287	37661	38047	38446
Of+Ov+Os12% [N]	63744	63870	64008	64158	64497	64847	65210	65584	65971	66369
Of+Ov+Os 100% [N]	340622	340748	340886	341035	341374	341725	342087	342462	342848	343246
f [-]	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,016	0,016	0,017	0,017	0,017
$i_{XI} =$	1	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522 m			$XI^\circ$
$F_k$ [N]	15718	15718	15718	15718	15718	14895	14147	13398	12650	11976
$v$ [m/s]	13,57	14,93	16,29	17,64	19,00	20,36	21,71	23,07	24,43	25,79
$v$ [km/h]	48,86	53,74	58,63	63,51	68,40	73,28	78,17	83,06	87,94	92,83
Ov [N]	967	1170	1392	1634	1895	2175	2475	2794	3132	3490
Of [N]	7063	7235	7459	7684	7908	8132	8357	8581	8805	9029
Of+Ov [N]	8030	8405	8851	9317	9803	10307	10831	11375	11937	12519
Of+Ov+Os 4,5% [N]	29172	29547	29994	30460	30945	31450	31974	32517	33080	33662
Of+Ov+Os 6% [N]	36189	36563	37010	37476	37961	38466	38990	39533	40096	40678
Of+Ov+Os12% [N]	64112	64487	64933	65399	65884	66389	66913	67456	68019	68601
Of+Ov+Os 100% [N]	340989	341364	341811	342277	342762	343267	343791	344334	344897	345479
f [-]	0,015	0,015	0,016	0,016	0,017	0,017	0,018	0,018	0,019	0,019
$i_{XII} =$	0,78	$i_0 =$	4,028	$\eta =$	0,97	$r =$	0,522 m			$XII^\circ$
$F_k$ [N]	12260	12260	12260	12260	12260	11618	11034	10451	9867	9341
$v$ [m/s]	17,40	19,14	20,88	22,62	24,36	26,10	27,84	29,58	31,32	33,06
$v$ [km/h]	62,64	68,90	75,16	81,43	87,69	93,95	100,22	106,48	112,75	119,01
Ov [N]	1589	1923	2288	2685	3114	3575	4068	4592	5148	5736
Of [N]	7643	7931	8218	8506	8794	9081	9369	9656	9944	10231
Of+Ov [N]	9232	9854	10507	11191	11908	12656	13436	14248	15092	15968
Of+Ov+Os 4,5% [N]	30375	30996	31649	32334	33050	33799	34579	35391	36235	37110
Of+Ov+Os 6% [N]	37391	38012	38665	39350	40067	40815	41595	42407	43251	44126
Of+Ov+Os12% [N]	65314	65935	66588	67273	67990	68738	69518	70330	71174	72049
Of+Ov+Os 100% [N]	342192	342813	343466	344151	344867	345616	346396	347208	348051	348927
f [-]	0,016	0,017	0,017	0,018	0,019	0,019	0,020	0,021	0,021	0,022



## Příloha 11: Kalkulační vzorce pro různé roční využití konceptu.

Kalkulační vzorec pro jízdní soupravu při ročním využití 58 000 km/rok a 2 400 h/rok.

	Částka bez DPH [Kč/rok]					
Položka	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok
Pohonné hmoty	482 328	482 328	482 328	482 328	482 328	482 328
Přímý materiál (pneumatiky a ostatní)	3 422	3 422	3 422	3 422	3 422	3 422
Přímé mzdy	336 960	336 960	336 960	336 960	336 960	336 960
Přímé odpisy	481 800	974 550	974 550	974 550	974 550	0
Přímé opravy a údržba	8 700	8 700	8 700	8 700	8 700	8 700
Ostatní přímé náklady(pojištění a další)	43 808	43 808	43 808	46 870	46 870	46 870
<b>PRÍMÉ NÁKLADY CELKEM</b>	1 357 018	1 849 768	1 849 768	1 852 830	1 852 830	878 280
Provozní režie	74 827	74 827	74 827	74 827	74 827	74 827
Správní režie	74 827	74 827	74 827	74 827	74 827	74 827
<b>ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY</b>	149 654	149 654	149 654	149 654	149 654	149 654
<b>CENA VÝKONU</b>	1 506 672	1 999 422	1 999 422	2 002 484	2 002 484	1 027 934
Cena za 1 kilometr přepravy [Kč/km]	26	34	34	35	35	18
Cena za 1 hodinu práce [Kč/h]	628	833	833	834	834	428

Kalkulační vzorec pro jízdní soupravu při ročním využití 42 500 km/rok a 1 600 h/rok.

	Částka bez DPH [Kč/rok]					
Položka	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok
Pohonné hmoty	353 430	353 430	353 430	353 430	353 430	353 430
Přímý materiál (pneumatiky a ostatní)	2 508	2 508	2 508	2 508	2 508	2 508
Přímé mzdy	224 640	224 640	224 640	224 640	224 640	224 640
Přímé odpisy	481 800	974 550	974 550	974 550	974 550	0
Přímé opravy a údržba	6 375	6 375	6 375	6 375	6 375	6 375
Ostatní přímé náklady(pojištění a další)	43 808	43 808	43 808	46 870	46 870	46 870
<b>PRÍMÉ NÁKLADY CELKEM</b>	1 112 561	1 605 311	1 605 311	1 608 373	1 608 373	633 823
Provozní režie	52 826	52 826	52 826	52 826	52 826	52 826
Správní režie	52 826	52 826	52 826	52 826	52 826	52 826
<b>ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY</b>	105 651	105 651	105 651	105 651	105 651	105 651
<b>CENA VÝKONU</b>	1 218 212	1 710 962	1 710 962	1 714 024	1 714 024	739 474
Cena za 1 kilometr přepravy [Kč/km]	29	40	40	40	40	17
Cena za 1 hodinu práce [Kč/h]	761	1 069	1 069	1 071	1 071	462

**Příloha 12: Rozložení hmotnosti při vyprazdňování RM 16.**

Hodnoty zatížení úložných bodů, nastavy při změně těžiště vyvolaných posunem a úbytkem hmoty.											
Míra využití objemu nastavy [%]	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
hmotnost dílu [kg]	11825	10643	9460	8278	7095	5913	4730	3548	2365	1183	0
objem dílu [m <sup>3</sup> ]	12,3	11,1	9,9	8,6	7,4	6,2	4,9	3,7	2,5	1,2	0,0
objem, hm. materiálu [kg.m <sup>-3</sup> ]	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960
délka nastavy [mm]	4970	4970	4970	4970	4970	4970	4970	4970	4970	4970	4970
délka dílu [mm]	4970	4473	3976	3479	2982	2485	1988	1491	994	497	0
šířka dílu [mm]	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
výška dílu [mm]	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230	1230
vzdálenost těžiště materiálu od štitu [mm]	2485	2236,5	1988	1739,5	1491	1242,5	994	745,5	497	248,5	0
tíha na přední uložení [N]	87735	70685	55475	42104	30572	20879	13025	7010	2834	498	0
tíha na zadní uložení [N]	28270	33719	37329	39099	39031	37123	33377	27791	20367	11103	0
hmotnost na přední uložení [kg]	8943	7205	5655	4292	3116	2128	1328	715	289	51	0
hmotnost na zadní uložení [kg]	2882	3437	3805	3986	3979	3784	3402	2833	2076	1132	0
Hmotnost nastavy na přední uložení [kg]	3225	3225	3225	3225	3225	3225	3225	3225	3225	3225	3225
Hmotnost nastavy na zadní uložení [kg]	725	725	725	725	725	725	725	725	725	725	725
Celková hmotnost na přední uložení [kg]	12168	10430	8880	7517	6341	5353	4553	3940	3514	3276	3225
Celková hmotnost na zadní uložení [kg]	3607	4162	4530	4711	4704	4509	4127	3558	2801	1857	725
Hmotnost vozidla na přední nápravu [kg]	4960	4960	4960	4960	4960	4960	4960	4960	4960	4960	4960
Hmotnost vozidla na teor. střed ZN [kg]	4777	4777	4777	4777	4777	4777	4777	4777	4777	4777	4777
Hmotnost nastavy na přední nápravu [kg]	4038	3188	2462	1860	1383	1030	801	697	717	861	1129
Hmotnost nastavy na teor. střed ZN [kg]	11737	11405	10948	10367	9662	8833	7879	6801	5599	4272	2821
Celková hmotnost na přední nápravu [kg]	8998	8148	7422	6820	6343	5990	5761	5657	5677	5821	6089
Celková hmotnost na teor. střed ZN [kg]	16514	16182	15725	15144	14439	13610	12656	11578	10376	9049	7598
Celková hmotnost na první ZN [kg]	6385	6257	6080	5856	5583	5262	4894	4477	4012	3499	2938
Celková hmotnost na druhou ZN [kg]	10129	9925	9645	9289	8856	8347	7762	7101	6364	5550	4660
Poměr zatížení PN v [%]	54	50	47	45	44	44	46	49	55	64	80